



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LA MATEMÁTICA, DE LAS
CIENCIAS SOCIALES Y DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

EL “CONSUMO DE AGUA DE BEBIDA ENVASADA” COMO CONTEXTO PARA
EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS. UN ESTUDIO DE CASO
EN 3^{er} CURSO DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

TESIS DOCTORAL

Autor: Francisco Rodríguez Mora

Director: Dr. Ángel Blanco López

Málaga, 2016



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

AUTOR: Francisco Rodríguez Mora

 <http://orcid.org/0000-0002-2537-8902>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): riuma.uma.es



Facultad de Ciencias de la Educación

Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales

D. Ángel Blanco López, Dr. en Ciencias de la Educación por la Universidad de Málaga, Profesor Titular de Universidad del Área de Conocimiento de Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga,

HAGO CONSTAR

Que la tesis doctoral titulada *El “consumo de agua de bebida envasada” como contexto para el desarrollo de competencias científicas. Un estudio de caso en 3^{er} curso de la Educación Secundaria Obligatoria*, ha sido realizada por Francisco Rodríguez Mora bajo mi dirección.

AUTORIZO

En cumplimiento de la legislación vigente, a su trámite y presentación para la obtención del grado de Doctor en Ciencias de la Educación por parte del interesado.

En Málaga, a veintiocho de octubre de 2015

El Doctorando

El Director de tesis

Fdo.: Francisco Rodríguez Mora

Fdo.: Ángel Blanco López



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

A mis padres.

*A María José, mi compañera,
y en especial, a Claudia y Alejandro,
lo más valioso que tiene mi vida.*



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

AGRADECIMIENTOS

La investigación que aquí se presenta no hubiera sido posible sin la participación y colaboración desinteresada de muchas personas, a las que creo necesario expresar mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, y de manera especial, al Dr. Ángel Blanco López, director de tesis, por la confianza que ha depositado en mí para la realización de este trabajo. Por su paciencia para guiarme, con rigurosidad, por los vericuetos del mundo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, por su apoyo y ánimo en los momentos más difíciles, y por supuesto, por las muchas horas de dedicación, su ayuda inestimable y sus siempre acertados consejos y orientaciones.

A los estudiantes de Magisterio de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga y a los estudiantes de ESO y Bachillerato de los varios centros de Málaga que participaron en los estudios preliminares. Y cómo no, a mis alumnos y alumnas de 3º y 4º ESO del IES Luis Barahona de Soto que llevaron a la práctica las distintas versiones de la secuencia didáctica diseñada. Me resulta imposible mencionar todos vuestros nombres a pesar de que habéis sido, sin lugar a dudas, los principales protagonistas de esta investigación.

A los integrantes de la última etapa del grupo QUIMESCA, y en particular, al profesor José Aldo por la excelente y abundante información que me ha proporcionado acerca del agua de bebida embotellada, y al profesor Luis Garrido por sus oportunos consejos para la mejora de la secuencia didáctica.

A los compañeros del proyecto COMPCIEN (10-16) con los que he tenido el privilegio de colaborar mientras se desarrollaba esta tesis, así como a los compañeros del grupo de investigación sobre Enseñanza de las Ciencias y Competencias de la Universidad de Málaga, de cuyos trabajos tanto he aprendido: Enrique, Teresa, Joaquín, Vito, Paco,...

A los compañeros del Claustro y Equipo Directivo del IES Luis Barahona de Soto por las facilidades que me brindaron para la puesta en práctica en el aula de las distintas versiones de la secuencia didáctica, y en especial, a Araceli Paredes, mi colega del Departamento de Física y Química, que me permitió sin rechistar ni una sola vez probar distintos materiales en sus clases.

Tampoco puedo olvidar el importante apoyo de mi familia, con un muy especial reconocimiento para mi esposa, María José, y mis hijos, Claudia y Alejandro, por su comprensión y paciencia en todo este largo periodo de tiempo que no he podido dedicarles.

Con estos testimonios de gratitud quisiera concluir un largo y arduo trabajo, que no siempre ha transitado por caminos fáciles, pero que pese a todas las dificultades encontradas llega hoy a feliz término. A todos y todas, muchas gracias.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

PRESENTACIÓN

La memoria que aquí se presenta corresponde a la tesis doctoral de Francisco Rodríguez Mora realizada en el Programa de Doctorado *Investigación e Innovación Educativa* de la Universidad de Málaga y desarrollada en el Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Ciencias de la Educación de esta Universidad.

Gran parte del trabajo de esta tesis se ha realizado en el marco de dos proyectos de investigación:

- *Diseño y evaluación de un modelo para el fomento de la competencia científica en la educación obligatoria (10-16 años)* (EDU2009-07173), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación en la convocatoria de 2009 de proyectos I+D+i.
- *Desarrollo y evaluación de competencias científicas mediante enfoques de enseñanza en contexto y de modelización. Estudios de caso* (EDU 2013-41952-P), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad en la convocatoria de 2013 de proyectos de I+D de excelencia.

Durante el periodo de realización de este trabajo de tesis, el doctorando ha asistido y participado en diferentes congresos internacionales y nacionales (V Seminario Ibérico y I Seminario Iberoamericano en CTS en la Educación Científica; VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias; II Congreso Internacional sobre Uso y Buenas Prácticas con TIC y Jornadas sobre Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física). También se han elaborado las siguientes publicaciones de acuerdo a los resultados de investigación que se presentan en esta memoria:

- Blanco A. y Rodríguez Mora, F. (2008). “El consumo de agua de bebida envasada” como contexto para desarrollar propuestas de alfabetización científica. En R. Márques *et al.* (Coords.), *Perspectivas Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Innovación de la Educación en Ciencias*. Actas del V Seminario Ibérico y I Seminario Iberoamericano en CTS en la Educación Científica (pp. 279-283). Aveiro, Portugal, 3-5 de julio de 2008.
- Rodríguez Mora, F. y Blanco A. (2009). Conocimientos, hábitos, actitudes y creencias de estudiantes de Magisterio sobre el consumo de aguas de bebida envasadas. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. Actas del VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias (pp. 1890-1894). Barcelona, 7-11 de septiembre de 2009.
- Blanco, A., Rodríguez Mora, F. y Rueda, J.A. (2011). ¿Es necesario consumir agua embotellada? *Aula de Innovación Educativa*, 207, pp. 35-40.
- Rodríguez Mora, F., Blanco, A. y Rueda, J.A. (2011). Competencia científica y competencia digital en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embote-

llada. En J. Ruiz y J. Sánchez (Coords.), *Buenas prácticas con TIC para la investigación y la docencia*. Actas del II Congreso Internacional sobre Uso y Buenas Prácticas con TIC (en formato CDRom). Málaga, 14-16 de diciembre de 2011.

- Blanco, A., España, E. y Rodríguez Mora, F. (2012). Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, pp. 9-18.
- Rodríguez Mora, F. y Blanco, A. (2012). Ideas y creencias de alumnos de educación secundaria sobre la presencia de “cal” en el agua de bebida. En G. Pinto y M. Martín (Eds.), *Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física* (pp. 197-205). Madrid: Garceta Grupo Editorial.
- Rodríguez Mora, F. y Blanco, A. (en prensa). ¿Por qué bebemos agua embotellada? Una propuesta para la enseñanza de la Física y Química en 3º de ESO. En A. Blanco y T. Lupión (Eds.), *La competencia científica en las aulas. Nueve propuestas didácticas* (pp. 205-244). Ourense: Educación Editora.
- Rodríguez Mora, F. y Blanco, A. (aceptado). Diseño y análisis de tareas de evaluación de competencias científicas en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada para educación secundaria obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.

ÍNDICE



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Origen de esta investigación.....	3
1.2. Relevancia y objetivos de la investigación.....	7
1.3. Organización de la memoria de tesis.....	10
 CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	 13
2.1. El desarrollo de competencias científicas como referente para la enseñanza de las ciencias.....	16
2.1.1. El enfoque por competencias en la educación.....	17
2.1.1.1. El origen del enfoque por competencias.....	18
2.1.1.2. La propuesta de la OCDE: competencias clave genéricas.....	20
2.1.1.3. La propuesta de la Unión Europea: competencias clave genéricas y específicas.....	22
2.1.1.4. La propuesta de la OCDE versus la propuesta de la Unión Europea.....	24
2.1.1.5. Las competencias básicas en el marco educativo español.....	26
2.1.1.6. Elementos y dimensiones de la competencia.....	28
2.1.1.7. Características, ventajas y dificultades del enfoque educativo basado en el desarrollo de competencias.....	30
2.1.2. La competencia científica.....	33
2.1.2.1. Caracterización y estructura de la competencia científica.....	34
2.1.2.1.1. Definición de competencia científica en la Unión Europea.....	34
2.1.2.1.2. Definición de competencia científica en el programa PISA de la OCDE.....	36
2.1.2.1.3. Definición de competencia científica en el marco educativo español.....	40
2.1.2.1.4. Definición de competencia científica en el marco educativo andaluz.....	43
2.1.2.1.5. Otros enfoques para la competencia científica.....	44
2.1.2.2. ¿Qué modelo de competencia científica utilizar?.....	46
2.1.2.3. El desarrollo curricular de la competencia científica....	47
2.1.2.4. Enseñanza y aprendizaje de la competencia científica...	51

2.1.2.5.	Evaluación de la competencia científica.....	56
2.1.2.6.	El desarrollo de competencias científicas: un problema abierto.....	60
2.2.	Enseñanza de las ciencias basada en contexto. El tratamiento de problemas de la vida diaria.....	62
2.2.1.	¿Por qué una enseñanza basada en el contexto?.....	64
2.2.1.1.	La noción de contexto y sus características. Modelos de contextos.....	67
2.2.1.2.	Potencialidades y problemáticas de una enseñanza basada en contexto.....	71
2.2.1.2.1.	Selección de los contextos.....	73
2.2.1.2.2.	Relación entre contexto, conocimiento y aprendizaje.....	74
2.2.2.	El uso de contextos y el desarrollo de la competencia científica en la enseñanza de las ciencias.....	76
2.3.	Diseño y validación de secuencias didácticas como campo de investigación.....	80
2.3.1.	Las secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) como marco para la investigación educativa.....	81
2.3.2.	Las SEA en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Modelos para su diseño y elaboración.....	83
2.3.2.1.	El modelo de reconstrucción educativa.....	83
2.3.2.2.	El modelo de la demanda de aprendizaje.....	86
2.3.3.	Otros modelos para el diseño de secuencias didácticas.....	90
2.3.3.1.	Modelo para la planificación de enseñanza de Sánchez y Valcárcel.....	90
2.3.3.2.	Modelo de planificación de enseñanza “transformado” de Pro y Saura.....	92
CAPÍTULO 3.	METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	95
3.1.	Fundamentación metodológica.....	98
3.1.1.	La investigación educativa basada en el diseño.....	98
3.1.1.1.	Características de las investigaciones basadas en el diseño.....	101
3.1.1.2.	Fases de las investigaciones basadas en el diseño.....	105
3.1.1.3.	Potencialidades y problemáticas de las investigaciones de diseño.....	106
3.1.2.	Investigación cualitativa basada en los estudios de caso.....	108
3.1.2.1.	Los estudios de caso.....	109

3.2. El problema de investigación.....	112
3.2.1. Las preguntas de investigación.....	114
3.3. Esquema general y etapas de la investigación.....	115
3.4. Participantes.....	118
3.4.1. Estudiantes que participan en la exploración y caracterización del contexto.....	118
3.4.2. Estudiantes que participan en el desarrollo de la propuesta didáctica.....	119
3.5. Instrumentos de recogida de información.....	120
3.5.1. Instrumentos de la investigación para la etapa de exploración y caracterización del contexto.....	120
3.5.2. Instrumentos de la investigación para el desarrollo de la propuesta didáctica.....	121
3.6. Análisis de datos.....	124
 CAPÍTULO 4. ESTUDIOS PRELIMINARES.....	 127
4.1. El “consumo de agua de bebida envasada” como contexto de enseñanza-aprendizaje.....	130
4.1.1. El “consumo de agua embotellada” como controversia socio-científica.....	131
4.1.1.1. El agua como mercancía: el negocio del agua embotellada.....	134
4.1.1.2. La “moda” del agua de bebida embotellada: un fenómeno social.....	136
4.1.1.3. Problemas medioambientales asociados al consumo masivo de agua de bebida embotellada.....	138
4.1.2. El “consumo de agua de bebida envasada” como argumento educativo.....	139
4.2. Explorando ideas, opiniones y creencias sobre el consumo de agua de bebida embotellada.....	142
4.2.1. Primeros resultados con estudiantes de 4º ESO y 2º Bachillerato..	143
4.2.2. Explorando el contexto con estudiantes de Magisterio.....	149
4.2.2.1. ¿Por qué consumimos agua de bebida embotellada?.....	151
4.2.2.2. Ideas, opiniones, actitudes y creencias sobre el consumo de agua de bebida embotellada y agua del grifo.....	156
4.2.3. Opiniones de estudiantes de 3º ESO sobre el agua embotellada y el agua del grifo.....	159

4.3. Situaciones de enseñanza basadas en el contexto del agua de bebida envasada.....	161
4.3.1. ¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?.....	162
4.3.2. ¿Es necesario consumir agua de bebida embotellada?.....	162
4.3.3. ¿Es inocua la industria del agua embotellada?.....	165
4.4. Tratamiento didáctico del contexto: primeras propuestas educativas...	165
4.4.1. Primera versión de la secuencia didáctica para estudiantes de 4º ESO.....	165
4.4.1.1. Descripción e implementación de la secuencia.....	166
4.4.1.2. Algunas consideraciones sobre el desarrollo de la experiencia y propuestas de mejora.....	170
4.4.2. Segunda versión de la secuencia didáctica para estudiantes de 3º ESO.....	173
4.4.2.1. Descripción e implementación de la secuencia.....	174
4.4.2.2. Consideraciones sobre el desarrollo de la experiencia y propuestas de mejora.....	182
4.5. Estudios preliminares: síntesis y conclusiones.....	188
 CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA. VERSIÓN FINAL.....	 193
5.1. Fundamentos del diseño.....	196
5.1.1. Un esquema de referencia para la enseñanza de las competencias científicas.....	197
5.1.2. Un enfoque de enseñanza de las ciencias para el desarrollo de competencias científicas.....	199
5.1.3. Conclusiones e implicaciones didácticas de los estudios preliminares.....	201
5.1.4. Dificultades de aprendizaje en relación con los contenidos que aborda la secuencia.....	203
5.1.4.1. Las disoluciones y sus dificultades de aprendizaje.....	203
5.1.4.2. El agua de bebida como sistema material: dificultades de aprendizaje.....	201
5.1.5. Un esquema para el diseño de secuencias didácticas.....	207
5.2. Elaboración de la secuencia didáctica <i>¿Es necesario consumir agua embotellada?</i>.....	209
5.2.1. Construyendo la SEA: etapas en el diseño.....	209
5.2.2. Preparando la SEA para su tratamiento en el aula.....	224

CAPÍTULO 6. IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA...	231
6.1. La puesta en práctica: consideraciones generales.....	234
6.1.1. Características del centro educativo y del alumnado participante..	234
6.1.2. Desarrollo temporal de la secuencia didáctica en el aula.....	235
6.1.3. Otros aspectos en el desarrollo de la secuencia didáctica.....	237
6.2. Desarrollo y seguimiento de la secuencia didáctica en el aula. El informe de la puesta en práctica.....	239
6.2.1. Sesión 1.....	241
6.2.2. Sesión 2.....	255
6.2.3. Sesión 3.....	268
6.2.4. Sesión 4.....	282
6.2.5. Sesión 5.....	298
6.2.6. Sesión 6.....	313
6.2.7. Sesión 7.....	328
6.2.8. Sesión 8.....	338
6.2.9. Sesión 9.....	348
6.2.10. Sesión 10.....	358
6.2.11. Sesión 11.....	371
6.2.12. Sesión 12.....	376
6.2.13. Sesión 13.....	389
6.3. Adecuación de la puesta en práctica al diseño de la secuencia.....	400
 CAPÍTULO 7. VALORACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	 405
7.1. La prueba de evaluación escrita: diseño, descripción y análisis.....	408
7.1.1. Diseño y elaboración de la prueba de evaluación escrita.....	408
7.1.1.1. Criterios para el diseño de la prueba.....	409
7.1.1.2. Los contenidos de la prueba de evaluación.....	410
7.1.1.3. El diseño de las tareas de evaluación y su descripción competencial.....	411
7.1.1.4. Organización y estructura final de la prueba escrita.....	415
7.1.2. Descripción de las tareas de evaluación.....	415
7.1.2.1. Descripción de las tareas de evaluación del bloque E....	416
7.1.2.2. Descripción de las tareas de evaluación del bloque I....	420
7.1.2.3. Descripción de las tareas de evaluación del bloque U...	426

7.1.3.	Aplicación de la prueba escrita y análisis de los resultados.....	430
7.1.3.1.	Análisis de las respuestas de los estudiantes: bloque E..	431
7.1.3.2.	Análisis de las respuestas de los estudiantes: bloque I...	448
7.1.3.3.	Análisis de las respuestas de los estudiantes: bloque U.	463
7.1.3.4.	Consideraciones generales sobre los resultados de la prueba de evaluación.....	484
7.2.	Valoración de la experiencia por parte de los estudiantes.....	489
7.2.1.	Análisis de las respuestas al cuestionario de valoración.....	491
7.2.2.	Algunas consideraciones desde la perspectiva de los estudiantes..	503
7.3.	Valoración de la experiencia por parte del profesor-investigador.....	505
 CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS.....		529
8.1.	Conclusiones.....	532
8.2.	Propuestas de mejora de la secuencia didáctica	542
8.3.	Limitaciones del estudio.....	545
8.4.	Sugerencias para continuar la investigación.....	547
8.5.	Implicaciones personales.....	547
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		551
 ANEXOS.....		593

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

- 1.1. Origen de esta investigación.**
- 1.2. Relevancia y objetivos de la investigación.**
- 1.3. Organización de la memoria de tesis.**



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

1.1. ORIGEN DE ESTA INVESTIGACIÓN

Como profesor de la especialidad de Física y Química de Enseñanza Secundaria llevo tiempo viviendo en primera persona lo que distintos estudios, en el ámbito educativo nacional e internacional, han puesto de manifiesto: el escaso interés que despierta entre los estudiantes la ciencia y su aprendizaje, y en particular, las materias de física y química (Holbrook, 2008; Osborne y Collins, 2001; Solbes, Montserrat y Furió, 2007).

Durante mis clases, en el IES Luis Barahona de Soto de Archidona (Málaga), suelo observar curso tras curso prácticamente las mismas reacciones entre mis estudiantes frente a muchos de los contenidos de química (y de física) que tienen que aprender, y que estos mismos estudiantes suelen concretar de manera bastante sincera: *Y esto ¿para qué?*

Esta sencilla pregunta esconde, en mi opinión, una cierta insatisfacción de los estudiantes con la ciencia escolar que se ven obligados a aprender. Podríamos referirnos, por ejemplo, a la presencia de contenidos claramente desfasados, planteamientos excesivamente teóricos o abstractos, y de forma más general, a la desconexión del conocimiento científico con las necesidades reales que experimenta el alumnado fuera de las aulas (Herreras y Sanmartí, 2012; Hofstein, Carmini, Mamlok y Ben-Zvi, 2000).

Podríamos referirnos, igualmente, a la falta de utilidad y relevancia que los estudiantes parecen encontrar en los contenidos de ciencia y la escasa motivación por su aprendizaje, con las importantes consecuencias que esta realidad plantea y que pondremos de manifiesto al presentar los fundamentos teóricos de esta investigación. Como señala Claxton (1994): *«Sea cual sea el currículo y sea cual sea su grado de pertinencia, algunos estudiantes lo seguirán mejor que otros. La cuestión es que sea lo que sea lo que los estudiantes se lleven consigo, deberá ser verdaderamente útil por derecho propio»* (citado por Niedo y Macedo, 1997; contraportada).

No obstante, esta situación no es novedosa como así lo manifiestan distintos informes realizados en el ámbito de la enseñanza de las ciencias a escala europea. Según el informe Rocard (Rocard *et al.*, 2006) son complejos los factores que relacionan la actitud de los estudiantes con el aprendizaje de las ciencias, aunque se considera evidente que

la manera en que el profesorado enseña ciencia en el aula constituye un factor clave para la mejora, por lo que se muestra necesario avanzar en esta dirección.

Tampoco son sencillas las soluciones que se ofrecen, muchas de las cuales trascienden el ámbito del docente, aunque otras sí competen, en buena parte, al profesorado si pretendemos mejorar la calidad de la formación científica que reciben los estudiantes. Desde el compromiso personal por mejorar nuestra formación y nuestras clases de ciencias son muchas las cuestiones que podrían plantearse al respecto: ¿El interés o la actitud por las ciencias son únicamente responsabilidad del alumno? ¿Es posible ofrecer una ciencia más cercana a los intereses reales de los estudiantes? ¿Podemos potenciar la relevancia y utilidad de los contenidos de ciencia? ¿Cuál es el papel del profesor en todo este proceso? ¿Qué estrategias didácticas favorecen un aprendizaje significativo de la ciencia? Como afirma Furió (2006): *«Somos los profesores los verdaderos protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje de la química. Somos el centro de atención de los alumnos. Está en nuestras manos el interesarlos por muy desmotivados que lleguen a clase. La motivación depende, en gran medida, de cómo presentemos los problemas, de las estrategias que les propongamos y, especialmente, de las expectativas positivas del propio profesor respecto del éxito de cada uno de sus estudiantes»* (p. 227).

Desde estos planteamientos, y en parte, para compensar una formación inicial claramente mejorable, comencé a interesarme por la Didáctica de las Ciencias Experimentales, y en particular, por la utilización en mis clases de contextos reales de la vida diaria y de los recursos que suministran nuevos enfoques para la enseñanza de las ciencias, como los de alfabetización científica y de ciencia cotidiana (Acevedo, 2004; Jiménez Liso y De Manuel, 2009; Sánchez Guadix, 2004). La siguiente reflexión de Bybee (1997) acerca de lo que supone un currículo orientado hacia la alfabetización científica concreta, de manera clara, el sentido que quería darle a mis clases de los niveles de enseñanza secundaria:

«La alfabetización científica significa que una persona puede preguntar, hallar o dar respuesta a cuestiones que su curiosidad le plantea diariamente. Significa que una persona es capaz de describir, explicar y predecir fenómenos naturales. La alfabetización científica capacita para leer en la prensa artículos sobre ciencia y para participar en debates sociales sobre la validez de sus conclusiones. La alfabetización científica implica que la persona puede identificar los temas científicos que determinan las decisiones políticas y expresar posiciones informadas científicamente y tecnológicamente. Un ciudadano científicamente alfabetizado debe ser capaz de valorar la calidad de la información científica basándose en la fuente de la que procede y en los métodos utilizados para generarla. La alfabetización científica también implica tener la capacidad de valorar los argumentos que se derivan de los hechos establecidos y llegar a conclusiones» (citado por Pedrinaci, 2009; p. 19).

Poco a poco, fui explorando este tipo de estrategias didácticas y a incorporar pequeños cambios en los métodos y materiales curriculares que utilizaba en las clases. La buena acogida por parte de mis estudiantes de estas “pequeñas innovaciones”, además de ani-

marme a seguir por esta dirección, me llevó a plantearme cómo realizar un estudio más sistemático de las mismas y a acercarme de manera más formal al campo de la investigación educativa. Con esta determinación inicié en el año 2006 el Programa de Doctorado *Investigación e Innovación Educativa* en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga, que culminará años más tarde con el presente trabajo de tesis.

Entre las distintas líneas de investigación que en aquellos momentos desarrollaba el Área de Conocimiento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de esta Universidad, y de acuerdo a mis intereses personales, comencé a trabajar en cuestiones relacionadas con la alfabetización científica y los enfoques Ciencia–Tecnología–Sociedad (CTS), aspectos que contaban con bastante tradición en esta área (Blanco, 2007; González García y Prieto, 1998; Prieto y González García, 2005).

En esta misma época tuve la oportunidad de conocer los materiales didácticos sobre química y productos cotidianos, en particular, sobre las bebidas (café, té, chocolate, bebidas alcohólicas) que había elaborado el grupo QUIMESCA (Química-Escuela-Casa) (QUIMESCA, 2001, 2005), del cual pasé a formar parte hasta su desaparición en 2010. Entre las líneas de trabajo que pretendía desarrollar este grupo de investigación se encontraba la elaboración de materiales curriculares utilizando el agua de bebida como contexto de enseñanza, propuesta que despertó un especial interés en este doctorando.

De esta manera, se definió un primer enfoque de esta investigación focalizado en el consumo de agua de bebida envasada, con la finalidad de analizar y explorar las ventajas educativas de usar este contexto para el desarrollo de la alfabetización científica por parte de los estudiantes. En este marco se desarrolló el trabajo de investigación tutelado para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados (DEA) *Conocimientos, hábitos, actitudes y creencias que manifiestan estudiantes del primer curso de Magisterio de Educación Primaria sobre el consumo de agua de bebida envasada* (Rodríguez Mora, 2008).

Paralelamente al desarrollo de estos estudios en el ámbito educativo español, siguiendo las recomendaciones adoptadas por el Consejo y el Parlamento Europeo a finales de 2006 (Parlamento Europeo, 2006), comenzó a plantearse en las etapas de enseñanza obligatoria el denominado enfoque de “educación por competencias”. El desarrollo de los currículos escolares desde esta nueva perspectiva competencial supone una notable innovación educativa que implica importantes cambios en la forma de concebir los fines de la educación obligatoria, pasando “las competencias básicas” ciudadanas a ser el elemento central en el discurso educativo de nuestro país (Bolívar, 2008; Marco, 2008; Zabala y Arnau, 2007).

No es de extrañar que empezaran a aparecer en la literatura especializada un buen número de artículos, libros y monográficos de revistas en los que, desde distintas perspectivas, se analizaba este nuevo enfoque educativo. Estos análisis ponían de manifiesto las controversias que iban surgiendo en torno al propio sentido o significado del término

competencia y su procedencia, así como las dificultades y obstáculos para su implementación en las aulas (Gimeno, 2008; Pro, 2011a).

Este nuevo escenario para el desarrollo de competencias, y dada la importancia de la educación en ciencias de nuestros estudiantes para la sociedad actual, llevó a la Unión Europea en 2006, a considerar la competencia científica¹ como una de las ocho competencias clave o básicas para el aprendizaje permanente de la ciudadanía. Los resultados de comparaciones internacionales sobre los niveles de competencia científica, como las que viene realizando el programa PISA (Programme for International Student Assessment) en sus distintas ediciones (2000, 2003, 2006, 2009, 2012), ponen de manifiesto que un porcentaje importante de nuestros alumnos y alumnas se sitúa en los niveles de competencia más bajos, además de un cierto estancamiento en el desarrollo de competencias científicas. Esta situación es utilizada desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales para alertar acerca de los problemas relacionados con la enseñanza de las ciencias tradicional y que parecen requerir profundos cambios didácticos en la forma de enseñar ciencias (COSCE, 2011).

Por otro lado, el desarrollo de una enseñanza basada en el aprendizaje de competencias básicas requiere, según algunos autores, una demanda inmediata de investigación. En relación con la enseñanza de las ciencias plantea Fensham (2007): *«Por tanto, propongo como la próxima tarea de investigación en enseñanza de las ciencias, en conjunción con profesores y estudiantes en sus contextos reales, extender nuestra comprensión de las competencias científicas apropiadas para ser alcanzadas en cada etapa o nivel de escolarización, y encontrar cómo los contextos, los contenidos y las estrategias pedagógicas las harán asequibles para un gran número de estudiantes»* (p. 117).

Para atender a estos retos en el Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Málaga se puso en marcha, a comienzos del año 2010, el proyecto de I+D+i *Diseño y evaluación de un modelo para el fomento de la competencia científica en la educación obligatoria (10-16 años)* –en adelante COMPCIEN 10-16– del Ministerio de Ciencia e Innovación en la convocatoria de 2009, al cual me incorporé formando parte del equipo de diseño de materiales, y en el seno del cual se ha desarrollado gran parte del trabajo de tesis que aquí presentamos.

La inclusión de las competencias básicas como elemento central para el diseño curricular dio lugar a una reorientación del enfoque inicial de la investigación que se venía realizando, para centrarse en el desarrollo de competencias científicas a partir del tratamiento de cuestiones relacionadas con el contexto del consumo de agua de bebida envasada. En realidad, no se trataba de un cambio brusco en cuanto al sentido de la investigación, ya que el desarrollo de competencias tal y como se plantea en los currículos españoles y en el programa de evaluación PISA (OCDE, 2006), se considera como una

¹ Existen diversas formas de denominar esta competencia clave. Mientras que en el ámbito curricular español se suele utilizar la denominación en singular “la competencia científica”, en el programa PISA y por parte de diversos autores de Didáctica de las Ciencias Experimentales se utiliza en plural “las competencias científicas”. En esta memoria de tesis se ha optado por emplear indistintamente ambas posibilidades.

forma concreta de abordar los planteamientos generales de alfabetización científica: «*La competencia científica no es importante solo o sobre todo para aquellos que acabarán formando parte de la comunidad científica, sino para la totalidad de los ciudadanos como alfabetización científica*» (COSCE, 2011; p. 22).

1.2. RELEVANCIA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las situaciones y contextos de la vida diaria se vienen utilizando desde hace varias décadas como un importante recurso para la enseñanza de las ciencias. Se trata con ello de disminuir la distancia existente en el currículo oficial que se ofrece al estudiante y sus necesidades formativas reales en el entorno en que se mueve, tratando de que el estudiante encuentre sentido y utilidad a aquello que se le enseña (Hernández, 2006; Herreras y Sanmartí, 2012).

La investigación educativa revela que construir la ciencia escolar a partir de necesidades contextualizadas se muestra como un camino eficaz para poner de manifiesto la relevancia del conocimiento científico, y en consecuencia, para aumentar el interés de los estudiantes por su formación científica y favorecer una actitud más positiva por la ciencia escolar (Bennet, Lubben y Hogarth, 2007; Caamaño, 2005; Pro y Rodríguez, 2010).

Desde esta perspectiva son varios los enfoques didácticos que apuestan por la validez de “los contextos” como herramienta didáctica para la enseñanza de la ciencia, aunque con distinta fundamentación teórica: los movimientos Ciencia–Tecnología–Sociedad (CTS) y de alfabetización científica, la enseñanza basada en el contexto, el aprendizaje basado en problemas (ABP), la ciencia basada en proyectos o la utilización de cuestiones socio-científicas (CSC).

Pero sin ser un aspecto novedoso, la utilización de contextos de la vida real en la enseñanza de las ciencias ha vuelto a ser centro de atención con la llegada del enfoque educativo basado en el desarrollo de competencias básicas ciudadanas para el aprendizaje permanente (Sanmartí, 2008), entre las que se encuentra, como ya hemos indicado, la competencia básica en ciencias o competencia científica.

Como pondremos de manifiesto en la fundamentación teórica de esta investigación (capítulo II), el concepto de competencia se hace explícito en el ámbito educativo español a partir de la promulgación de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006a) y su correspondiente desarrollo normativo. En el anexo I del Real Decreto 1631/2006, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006b), se puede leer: «*La inclusión de las competencias básicas en el currículo tiene varias finalidades. (...) En segundo lugar, permitir a todos los estudiantes integrar sus aprendizajes, ponerlos en relación con distintos tipos de contenidos y utilizarlos de manera efectiva cuando les resulten necesarios en diferentes situaciones y contextos*» (p. 685).

La competencia se demuestra sabiendo movilizar saberes diversos y de forma interrelacionada en la resolución de problemas o actuando en situaciones diversas e imprevisibles (Zabala y Arnau, 2007). Con esta nueva orientación y desde la exigencia de dotar de funcionalidad los aprendizajes adquiridos, el contexto vuelve a cobrar importante protagonismo como promotor de la competencia científica, pues permite que el estudiante integre el conocimiento científico, lo utilice y aplique en distintas situaciones reales de la vida diaria, diversas y complejas, en las que debe actuar y tomar decisiones de manera autónoma, aspectos clave desde una propuesta curricular competencial (Marchán y Sanmartí, 2014).

De esta manera, el desarrollo de competencias científicas en la educación obligatoria se presenta como una nueva oportunidad de llevar a la práctica propuestas que integren los problemas del contexto de la vida diaria en las clases de ciencias (Pro, 2012a). El hecho de tener que resolver un problema real obliga a los estudiantes a contextualizar la ciencia, es decir, a transformar de manera progresiva conceptos, enunciados o conocimientos teóricos en decisiones y acciones prácticas en la realización de actividad, así como a promover una visión interdisciplinar de la ciencia y a desarrollar actitudes de compromiso con cuestiones científicas (Marchán y Sanmartí, 2014).

Ahora bien, desarrollar propuestas educativas en contextos relevantes de la vida diaria para el fomento de competencias básicas se muestra como una cuestión compleja (Cañas, Martín-Díaz y Niedo, 2007). Sería imposible en el aula de clase abordar todos los contextos que se conocen en la actualidad, por lo que ofrecer la ciencia escolar a partir de necesidades contextualizadas requiere de la previa identificación de contextos relevantes que se consideren adecuados para la adquisición y aplicación de competencias científicas, así como determinar el papel de dicho contexto en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Blanco, España y Rodríguez Mora, 2012).

En otro orden de cosas, el enfoque de competencias parece ofrecer una importante oportunidad para avanzar en la solución de algunos de los problemas que vienen asociándose con la enseñanza de las ciencias; en particular, la de ofrecer una visión más integrada de los contenidos o la de utilizar y apreciar la utilidad del conocimiento científico que se debe aprender (Pro y Rodríguez, 2010). Sin embargo, para que esta nueva reforma educativa se consolide y no acabe convertida en un simple cambio terminológico, se hace necesario reflexionar sobre la manera en que estamos ejerciendo la profesión docente, a la vez que asumir importantes cambios en las prácticas educativas que tradicionalmente se vienen llevando a cabo, aspectos que, sin lugar a dudas, constituyen un importante reto para el profesorado (Banet, 2010a; Díaz Barriga, 2006).

Una enseñanza de las ciencias que contribuya al fomento de competencias científicas por parte de los estudiantes debe tener en cuenta un importante número de factores que podrían dificultar o facilitar esta labor (Franco, Blanco y España, 2014). En particular, se ha de prestar atención a los métodos, así como al contenido y orientación de los materiales de desarrollo curricular, pues deben orientarse hacia el desarrollo de competencias. Nos encontramos, sin duda, en un momento crucial, aquel en el que hay que llevar

a la práctica lo que en términos formales y oficiales se pretende, en el que hay que pasar del currículum oficial, con las competencias como elemento central, al currículum real que se desarrolla en los centros educativos y en sus aulas.

El trabajo que aquí presentamos pretende contribuir a esta doble exigencia, esto es, el diseño de materiales educativos que utilicen el contexto como eje central para integrar la enseñanza-aprendizaje de conocimientos de química con el tratamiento de competencias básicas. Basándonos en este planteamiento inicial, en esta tesis se investiga **la potencialidad “del consumo de agua de bebida envasada” como contexto educativo para el desarrollo de competencias científicas**.

Desde la consideración del consumo de agua embotellada como problema sociocientífico de alcance mundial, nuestra intención se centra, de un lado, en identificar posibles aspectos y problemáticas en torno a dicho consumo que se muestren adecuados para plantear situaciones de enseñanza-aprendizaje en el aula; por otro lado, y para avanzar en su tratamiento didáctico, se procede al diseño, aplicación y análisis de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA)² que utiliza el contexto del agua embotellada como eje central para su desarrollo, pero de forma que quede integrado el conocimiento de aspectos básicos de química con el desarrollo de competencias científicas.

Abordar este problema didáctico se convierte en la finalidad general de la investigación, que podríamos concretar en los siguientes términos: **¿Cómo utilizar el “consumo de agua de bebida envasada” como contexto para propiciar el desarrollo de competencias científicas por parte de alumnado de la Educación Secundaria Obligatoria?**

Para tratar de responder a la cuestión planteada se establecen los siguientes objetivos de investigación:

- A. Analizar el consumo de agua de bebida envasada (embotellada)³ como contexto educativo para su utilización en la enseñanza de las ciencias.
- B. Identificar situaciones y aspectos de este contexto que pueden ser adecuados para su tratamiento didáctico en el aula para la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO).
- C. Diseñar una secuencia didáctica que integre aspectos básicos de química, relacionados con las disoluciones, y el desarrollo de competencias científicas con situaciones relevantes del contexto del agua de bebida embotellada.
- D. Mejorar el diseño de la secuencia didáctica a través de varios ciclos iterativos de implementación y análisis.

² En la Didáctica de la Ciencias Experimentales se utilizan distintas expresiones para referir esta herramienta educativa: secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA), secuencia didáctica, secuencia formativa, unidad didáctica. Se utilizará cualquiera de ellas a lo largo de esta memoria de tesis.

³ Puesto que la comercialización habitual del agua de bebida envasada se realiza en botella, emplearemos los términos “envasada” y “embotellada” de forma indistinta y con sentido equivalente. De hecho, se ha optado por utilizar preferentemente este último término por ser de uso más común en el ámbito cotidiano.

- E. Valorar la adecuación de la secuencia didáctica diseñada al desarrollo de competencias científicas.

Con la intención de abordar estos objetivos se ha planteado una investigación que implica el uso de diversos instrumentos y enfoques metodológicos, especialmente de corte cualitativo, que cobra pleno sentido en el paradigma de la investigación basada en el diseño (DBRC, 2003) y los estudios de caso (Yin, 1989), en el diseño de secuencias didácticas como campo de investigación (Duit, Gropengiesser y Kattmann, 2005; Leach y Scott, 2002; Lijnse 1995; Méheut y Psillos, 2004) y en el tratamiento de problemas y situaciones de la vida diaria como enfoque metodológico (Blanco, Franco y España, 2015), que se ha venido desarrollando en el seno del grupo de investigación sobre Enseñanza de las Ciencias y Competencias (ENCIC)⁴ de la Universidad de Málaga.

1.3. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DE TESIS

La memoria de tesis que presentamos se estructura en ocho capítulos. En este primer capítulo, a modo de **Introducción**, se exponen el origen, interés y objetivos de la investigación.

En el **capítulo II** se presenta el marco teórico que fundamenta la investigación. Son tres los pilares teóricos que se analizan: el desarrollo de competencias científicas como referente para la enseñanza de las ciencias, la contextualización de la ciencia escolar en situaciones de la vida diaria y el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje como campo de investigación.

En el **capítulo III** se describe el marco metodológico utilizado para el desarrollo del proceso investigativo, y que como hemos referido más arriba, se fundamenta principalmente en las investigaciones basadas en el diseño y los estudios de caso. Seguidamente se plantea el problema de investigación y se presenta el diseño y esquema general de la investigación: etapas, participantes, instrumentos para la recolección y análisis de la información.

El **capítulo IV** se dedica a la presentación de los estudios preliminares. En primer lugar se muestra el análisis del contexto del “agua de bebida envasada” y su potencial educativo; seguidamente se presentan los resultados de la aplicación de unas primeras versiones de su tratamiento didáctico en el aula con estudiantes de cuarto y tercer cursos de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO).

En el **capítulo V** se expone el proceso de diseño y elaboración de la versión definitiva de nuestra propuesta didáctica en torno al consumo de agua de bebida embotellada.

⁴ Véase www.enic.uma.es.

El **capítulo VI** recoge el extenso informe del seguimiento de la puesta en práctica de la versión final de la secuencia didáctica, esto es, la descripción detallada y exhaustiva de su implementación con estudiantes de tercer curso de ESO.

En el **capítulo VII** se muestra el proceso de diseño y elaboración de la prueba escrita de evaluación empleada en el estudio principal y se analizan los resultados obtenidos tras su aplicación al finalizar la implementación de la versión final de la secuencia didáctica, al objeto de valorar el grado de desempeño de competencias científicas por parte de los estudiantes. El resto del capítulo se dedica a la valoración del diseño y del desarrollo en el aula de la versión final de la propuesta didáctica. Esta valoración se presenta desde la perspectiva de los estudiantes y del docente participante (el autor de esta investigación).

En el **capítulo VIII** se presentan las conclusiones e implicaciones educativas y se plantean algunas sugerencias para continuar la investigación. Tras este último capítulo aparecen las **referencias bibliográficas** citadas a lo largo de la memoria de tesis.

Finalmente, la memoria de tesis se acompaña con un CD-ROM donde se incluye, en formato digital, una serie de anexos con documentación complementaria acerca de la investigación realizada. En estos anexos se encuentran documentos tales como los cuestionarios utilizados por los participantes, las distintas versiones de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, los diarios de clase del profesor, las valoraciones de los estudiantes, las pruebas de evaluación escritas aplicadas, etc.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

- 2.1. El desarrollo de competencias científicas como referente para la enseñanza de las ciencias.**
- 2.2. Enseñanza de las ciencias basada en contexto: el tratamiento de problemas de la vida diaria.**
- 2.3. Diseño y validación de secuencias didácticas como campo de investigación.**



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

En este capítulo se presenta una revisión de los fundamentos teóricos de la investigación que proceden, básicamente, de tres ámbitos de conocimiento de la Didáctica de las Ciencias Experimentales: a) el desarrollo de competencias científicas como referente para la enseñanza de las ciencias; b) el enfoque de enseñanza de las ciencias basada en contexto; y c) el diseño y evaluación de secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEA) como campo de investigación.

En el primer apartado de este marco teórico se abordan el origen y principales características del denominado enfoque de educación por competencias para, seguidamente, conceptualizar y caracterizar la competencia científica como una de las ocho competencias básicas, que a instancias de las recomendaciones del Parlamento Europeo, se incorporan al sistema educativo español con la promulgación de la Ley Orgánica de Educación (LOE) en 2006. En este mismo apartado se revisan algunos aspectos de interés que surgen en torno al desarrollo curricular de la competencia científica, su enseñanza y evaluación.

La introducción de las competencias como referente en el programa de evaluación internacional PISA (Programme for International Student Assessment), que se viene desarrollando desde el año 2000, y la perspectiva competencial que se debe adoptar en los currículos de la educación obligatoria han vuelto a centrar la atención en la utilización de problemas y contextos relevantes de la vida diaria como herramienta didáctica. Desde esta consideración, se aborda como segundo elemento teórico la contextualización de la ciencia escolar en situaciones y necesidades reales como enfoque que se viene mostrando de utilidad en la enseñanza de las ciencias.

Se concluye este capítulo con la revisión de las principales características del diseño y evaluación de secuencias de enseñanza-aprendizaje basadas en la investigación como herramientas educativas y se presentan distintos marcos teóricos que fundamentan su diseño y elaboración.

2.1. EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS COMO REFERENTE PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Vivimos en una sociedad donde los avances tecnocientíficos juegan un papel fundamental en la sociedad y en la vida cotidiana en general, donde se muestra esencial relacionarnos cada vez más con el conocimiento científico y tecnológico. La población necesita de una cultura científica y tecnológica para aproximarse y comprender la globalidad y complejidad de la realidad contemporánea (Gil y Vilches, 2006a; Nieda y Macedo, 1997).

A pesar de esta incuestionable necesidad debemos admitir la brecha existente entre ciencia y ciudadanía, con ciudadanos que se sienten poco involucrados o que incluso rechazan los temas científicos y sobre los que mantienen una actitud algo escéptica, aspectos que ponen de manifiesto la necesidad de mejorar la calidad de la formación científica que reciben desde los centros educativos (Banet, 2010a; Lemke, 2006).

Esta problemática no ha pasado desapercibida a escala europea. La Unión Europea adopta, a principios de este siglo, el programa *Ciencia y Sociedad* con el objetivo de promover el interés de los jóvenes por la ciencia (Comisión Europea, 2002), mientras que en 2004 se lanzan iniciativas como *Europe needs more scientists* para hacer la ciencia más accesible a los ciudadanos (Comisión Europea, 2004a). En esta misma línea de actuación se enmarcan otros proyectos europeos, que suelen englobarse bajo la denominación genérica de “ciencia ciudadana”, para fomentar el acercamiento de la ciencia a la población general e impulsar un modelo de colaboración consciente y voluntaria entre ciudadanos y científicos (Finquelievich y Fischnaller, 2014).

En este tipo de iniciativas se evidencia de forma clara dos posibles tipos de vínculos con la ciencia. Por un lado, la relación que establecen los “profesionales de la ciencia”, aquellos expertos que participan en la investigación y producen conocimiento científico, es decir, el modo como los científicos se relacionan con la ciencia. Por otro lado, la relación que establece la ciudadanía en general, aquellas personas no especialistas que no están directamente involucradas con el avance de la producción científica.

Nuestra capacidad de establecer un tipo u otro de relación con la ciencia hace referencia a lo que, desde un tiempo a esta parte, viene denominándose “competencias científicas”. De esta manera, podríamos aproximarnos al análisis de este término desde dos posibles puntos de vista: a) el de las competencias científicas entendidas como aquellas capacidades y habilidades que permiten a los especialistas desempeñar productivamente su trabajo, esto es, el de las competencias para hacer ciencia; b) el de las competencias científicas que debe poseer todo ciudadano para poderse considerar “alfabetizado científicamente”, es decir, las competencias requeridas para que los ciudadanos en general, puedan entender no solo aspectos de ciencia, sino el mundo a través de la ciencia (Hernández Rodríguez, 2005).

Desde la enseñanza obligatoria se viene requiriendo una formación básica en ciencias y el desarrollo de las competencias científicas necesarias que posibilite el ejercicio de una

ciudadanía responsable y una adecuada relación de los ciudadanos con la ciencia en un mundo tan global y tecnológicamente avanzado como el actual (Acevedo, 2004; Pedrinaci, 2012).

De igual manera, parece existir un claro consenso acerca de que la formación científica que adquieren los ciudadanos debería ser realmente útil para la vida, y debería estar destinada a todos los miembros de la sociedad por igual (Fensham, 2002); o lo que es lo mismo, la necesidad de una alfabetización científica para todos enfocada a lo necesario para vivir en la nueva sociedad de la información y el conocimiento (Acevedo, 2004; Shamos, 1995). Desde este punto de vista, el propósito fundamental es conseguir que los estudiantes alcancen en su formación general una competencia científica básica.

Debemos entender que las competencias científicas que poseen los científicos y las que poseen los ciudadanos no son excluyentes y contienen muchos elementos en común. En lo que sigue nos aproximaremos a la caracterización de las competencias científicas desde la perspectiva basada en el ciudadano, es decir en describir cómo contribuyen estas capacidades y destrezas, más allá de las prácticas específicas de las ciencias, a enriquecer y cualificar la formación de una ciudadanía que debe abordar una sociedad basada en el conocimiento.

En cualquier caso, una aproximación a las competencias científicas para la alfabetización ciudadana pasa por considerar, en primer lugar, los fines educativos del llamado “enfoque para el desarrollo de competencias” y la adquisición de competencias básicas para el aprendizaje permanente por parte de la ciudadanía, aspectos en los que nos detendremos en el siguiente epígrafe.

2.1.1. El enfoque por competencias en la educación

Los términos competencia y competencia básica o clave surgidos inicialmente en la esfera profesional y del mundo empresarial vienen empleándose cada vez más en el ámbito educativo en los últimos años hasta constituirse en una nueva línea de planificación y desarrollo de la enseñanza y el aprendizaje (Cabrerizo, Rubio y Castillo, 2007; Rosales, 2010).

Podemos decir que las “competencias”, en el ámbito educativo español, aparecen con la ordenación que la Ley Orgánica General del Sistema Educativo (LOGSE) realiza de las enseñanzas de Formación Profesional al plantear un novedoso modelo para esta etapa educativa basado en una mayor competitividad (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 1990). El objetivo no es otro que adaptar las enseñanzas profesionales hacia un mundo laboral cada vez más especializado y con mayor exigencia de cualificación, dimensión donde cobra una especial importancia las llamadas competencias básicas profesionales necesarias para una adecuada capacitación e inserción laboral (Borja, 1997; Pineda, 1999).

Pero sin lugar a dudas, es a partir de la inclusión de las competencias básicas en el diseño curricular y en los procesos de enseñanza-aprendizaje, con la promulgación de la Ley Orgánica 2/2006 de Educación (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006a), cuando las “competencias” cobran carta de naturaleza y protagonismo en el ámbito educativo en nuestro país. Con esa decisión de carácter legislativo, refrendada años más tarde con la Ley Orgánica 8/2013, para la Mejora de la Calidad Educativa (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2013) el gobierno español asume y lleva a la práctica efectiva, tal como viene sucediendo en nuestro entorno europeo, las conclusiones y directrices en materia educativa de distintos organismos internacionales, como la OCDE y la Unión Europea, sobre la inclusión y el desarrollo de competencias básicas como vehículo principal para la adecuación y mejora de los procesos educativos (Gimeno, 2008; Marco, 2008; Tiana, 2011). Analicemos brevemente las principales razones para la emergencia de este nuevo enfoque de aprendizaje.

2.1.1.1. El origen del enfoque por competencias

Los sistemas educativos vienen considerándose como importantes medios para el progreso social y económico de un país, por lo que requieren adaptarse a las exigencias y necesidades de la sociedad donde se incardinan (Aguerrondo, 2009). La sociedad del siglo XXI, basada en el conocimiento y el acceso a la información y la comunicación, demanda personas capaces de actuar de manera autónoma, de activar el conocimiento adquirido para solucionar problemas de manera reflexiva y planificada en las situaciones complejas y cambiantes donde surgen, capaces de utilizar distinto tipo de herramientas e interaccionar con grupos heterogéneos, mostrar habilidades sociales, etc., en definitiva, actuar eficazmente dentro de un contexto (Perrenoud, 2012; Valle y Manso, 2013).

Sin embargo, a menudo los jóvenes que asisten a los centros educativos reciben una formación fuertemente descontextualizada y alejada de sus necesidades reales de aprendizaje, siendo frecuente que estos mismos jóvenes tengan dificultad para aplicar sus conocimientos escolares en situaciones de la vida diaria (Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011).

La escuela no puede ser ajena a esta situación; es por ello que las demandas de la compleja sociedad actual requieren de respuestas educativas nuevas y flexibles para atender de forma eficaz las necesidades de los ciudadanos, aspectos primordiales sobre los que pivota el enfoque basado en competencias como alternativa regeneradora para la enseñanza y el aprendizaje (Blanco, España, González y Franco, 2015; Pérez Gómez, 2007).

La necesidad de superar una enseñanza que ha primado la transmisión y el aprendizaje de los saberes declarativos y procedimentales que se han ido incorporando al desarrollo de las distintas disciplinas, y que ha priorizado la adquisición memorística de hechos y conceptos como formas básicas de aprendizaje, se ha mostrado un terreno propicio para que comience a emerger un nuevo paradigma educativo basado en el desarrollo de com-

petencias clave. Se trata de superar el planteamiento tradicional y académico mencionado hacia un nuevo enfoque sobre cómo desarrollar procesos de aprendizaje más eficaces, más centrado en el alumno y más acorde con una perspectiva de formación integral y para toda la vida, en respuesta a las necesidades de la sociedad actual (Zabala y Arnau, 2007).

En este nuevo marco de referencia cobra una especial atención la respuesta a la cuestión ¿enseñar para qué? Frente a modelos formativos que se han mostrado insuficientes para atender las demandas que depara una sociedad como la actual, en el ámbito de la educación, la Comisión de la Unión Europea apunta la necesidad de «*formar personas competentes para la vida personal, social, académica y profesional*» (Comisión Europea, 2004b).

En esta misma línea apunta el informe realizado por la red educativa europea Eurydice, que apuesta por la necesidad de desarrollar los currículos en base al desarrollo de competencias: «*En un mundo en el que el conocimiento factual existente se crea, se distribuye y se puede acceder a él de forma rápida, la necesidad de que las personas memoricen es cada vez menor. En su lugar, necesitan los instrumentos apropiados para seleccionar, procesar y aplicar el conocimiento requerido con el fin de hacer frente a los modelos cambiantes de empleo, ocio y familia. Esto explica la tendencia creciente en la enseñanza por desarrollar competencias en vez de enseñar conocimiento de los hechos*» (Eurydice, 2002; p. 12).

Los enfoques educativos basados en el desarrollo de competencias básicas se vienen generalizando en muchos sistemas educativos y currículos escolares (DeBoer, 2011), aunque no podemos olvidar que tanto el origen del concepto de competencia como su pertinencia para la mejora de los procesos educativos son cuestiones que no están exentas de polémica (Barriga, 2006; Bolívar, Moya y Tiana, 2011; Cañal, 2011; Feito, 2008).

Una de las dificultades que se vienen planteando tiene que ver, precisamente, con la propia caracterización y definición del concepto de competencia que está generando cierto debate entre las distintas concepciones imperantes, al tratarse de un concepto que se muestra complejo y poco preciso y para el que se han propuesto distintas interpretaciones (Lévy-Leboyer, 2003; Pro, 2007, 2012b). Por tanto, se muestra imprescindible establecer un marco de referencia en relación, no solo a su fundamentación, sino también a qué competencias básicas se revelan necesarias para que una persona adquiera los aprendizajes imprescindibles, en una educación básica y obligatoria, que respondan a los retos planteados en las sociedades actuales.

A partir de un detallado análisis social y cultural, desde la década de los años noventa del pasado siglo, distintos organismos internacionales han promovido estudios y proyectos que han contribuido a la caracterización de estas competencias clave. Entre estos estudios revisten especial interés, por su carácter de referente en la formulación de políticas sobre este tema a nivel europeo, los desarrollados, con carácter complementario,

por la OCDE y la Unión Europea que vamos a comentar brevemente en el siguiente epígrafe.

No obstante, y a pesar de la actual proliferación de publicaciones sobre el tema, debemos aclarar que la idea de una educación con la finalidad principal de desarrollar en los alumnos un conjunto de competencias básicas no es tan reciente, ni tan novedosa, y en cualquier caso, su origen es claramente anterior a los proyectos desarrollados por la OCDE y la Unión Europea. Como indica De la Orden (2011): «...*estos proyectos no fueron el origen del actual movimiento en pro de la educación basada en competencias sino manifestaciones relevantes del mismo*» (p. 48).

2.1.1.2. La propuesta de la OCDE: competencias clave genéricas

Uno de los fundamentos más importantes de este nuevo enfoque hay que situarlo en los trabajos que lleva a cabo la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), con el lanzamiento, a finales de 1997, del proyecto Definición y Selección de Competencias (DeSeCo) y que sienta las bases para la transferencia desde el ámbito empresarial al educativo del modelo de aprendizaje basado en el desarrollo de competencias. El objetivo de esta iniciativa es proporcionar un marco conceptual de referencia para lograr un cambio de rumbo de los sistemas educativos en aras de fomentar una educación para toda la vida, a la vez que lograr aprendizajes más competentes y eficaces, en la convicción de que estos avances deben redundar en una mejora de la competitividad y un mayor desarrollo económico de estos países (Bolívar y Pereyra, 2006).

Entre 1996 y 2006, este grupo de trabajo realiza un extenso estudio de la sociedad del conocimiento en doce países de la Organización, para determinar cuáles son las competencias clave que deben adquirirse en las etapas educativas obligatorias, a la vez que define y conceptualiza la competencia a fin de establecer un marco para su evaluación.

En el proyecto DeSeCo se define competencia como la «*capacidad de responder a demandas complejas y realizar tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamientos que se movilizan conjuntamente para conseguir una acción eficaz*» (OCDE, 2002). O más recientemente, la considera como «*la habilidad de satisfacer con éxito a las demandas de un contexto o situación, movilizando los recursos psicológicos necesarios (de carácter cognitivo y metacognitivo)*» (OCDE, 2005).

De esta manera, la competencia toma el matiz esencial de ser una respuesta a demandas, un concepto holístico y funcional que integra y pone en acción lo externo, lo personal y el contexto (Rychen y Tiana, 2004). Posee una serie de rasgos diferenciales: constituye un “saber hacer”, esto es, un saber que se aplica; es susceptible de adecuarse a una diversidad de contextos y tiene un carácter integrador, abarcando conocimientos, procedimientos y actitudes. En palabras de Gimeno (2008): «*La competencia es una cualidad*

que no solo se tiene o se adquiere, sino que se muestra y se demuestra, que es operativa para responder a demandas que en un determinado momento pueden hacerse a quienes las poseen» (p. 37).

Definida la competencia, y a partir de una serie de criterios “de utilidad e importancia”, DeSeCo ha identificado un conjunto pequeño de competencias clave genéricas necesarias para lograr el bienestar personal, social y económico, distribuidas en tres amplias categorías interdependientes, como se muestran en la tabla 2.1, aunque sin relación explícita con áreas de conocimiento concretas.

CATEGORÍAS	DESARROLLO DE LAS CATEGORÍAS
Actuar de manera autónoma	Capacidad para defender y afirmar sus derechos, sus intereses, sus responsabilidades, sus límites y sus necesidades.
	Capacidad de concebir y realizar proyectos de vida y proyectos personales.
	Capacidad de actuar en el conjunto de la situación (el gran contexto).
Utilizar herramientas de manera interactiva	Capacidad de uso del lenguaje, los símbolos y los textos de modo interactivo.
	Capacidad de utilizar el saber y la información de manera interactiva.
	Capacidad de uso de las TIC.
Funcionar en grupos socialmente heterogéneos	Capacidad de mantener buenas relaciones con los demás.
	Capacidad de cooperación.
	Capacidad de gestionar y resolver conflictos.

Tabla 2.1. Categorías de competencias clave en DeSeCo (tomado de Álvarez, Pérez y Suárez, 2008).

Tal como se observa, se trata de un conjunto de competencias que se relaciona con la capacidad o habilidad de intervención eficaz en los distintos ámbitos de la vida de una persona, a la vez que debe integrar los saberes básicos que cualquier ciudadano va a necesitar para dar respuesta adecuada a los problemas a lo largo de su vida. Parece evidente que tal intervención requiere de situaciones y contextos determinados de la vida real, en los que se muestra necesario no solo la aplicación adaptada de conocimiento, sino movilizar, de manera adecuada, un conjunto de habilidades y actitudes (Zabala y Arnau, 2007; Bolívar, Moya y Tiana, 2011).

DeSeCo (OCDE, 2002) impone tres condiciones para poder categorizar una competencia como clave (o básica): a) que contribuya a obtener resultados de alto valor personal o social; b) que puedan aplicarse a un amplio abanico de contextos y ámbitos relevantes; y c) que permitan a las personas que la adquieren superar con éxito exigencias complejas. Estas competencias básicas genéricas se caracterizan por su potencialidad de transferencia y su multifuncionalidad tanto en las distintas áreas disciplinares como en situaciones de la vida diaria, así como por su durabilidad en el tiempo. Estas competencias genéricas no se aprenden de forma aislada, sino integradas en los distintos escenarios de la vida (educativo, profesional-laboral, comunitario y personal) (Consejo Escolar del Estado, 2008).

2.1.1.3. La propuesta de la Unión Europea: competencias clave genéricas y específicas

La Educación se ha convertido en un ámbito de actuación clave de la política global de la Unión Europea. No es de extrañar que este organismo supranacional haya mantenido una importante agenda de actuaciones en materia de política educativa para orientar y dotar de mayor coherencia entre sí a las distintas acciones concretas de los estados miembros, al objeto de procurar una cooperación más intensa y crear un espacio europeo único en materia de educación (Valle, 2004).

Entre estas actuaciones, conducentes a conseguir una educación de más calidad, podemos destacar algunas como el programa de cualificaciones profesionales, desarrollo de políticas para el aprendizaje permanente, el proceso de Bolonia para la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior o los distintos programas europeos para la Educación y la Formación.

Con la puesta en práctica de estos programas se ha avanzado hacia la definición de los futuros objetivos precisos para la convergencia de los sistemas educativos de los estados miembros, panorama donde comienza a hacer acto de presencia “el lenguaje de las competencias”, y desde el que se insta a adoptar un marco de referencia común que promueva el desarrollo de competencias clave. En este sentido, la aproximación europea hacia la implantación de las competencias clave ha obedecido a unos criterios diferentes a los del programa DeSeCo antes mencionado, si bien se han obtenido unos resultados coincidentes en muchos aspectos (Gimeno, 2008).

En este orden de cosas, el Consejo de Europa en su reunión celebrada en Lisboa, en marzo de 2000, promueve el programa de trabajo *Educación y Formación 2010* en la pretensión de lograr unos mínimos comunes en los sistemas educativos de los países miembros, con el objetivo estratégico de constituirse en una potencia económica capaz de competir por el liderazgo económico mundial a través de una mayor competitividad de la economía, objetivo que marcará las actuaciones de política educativa de la Unión Europea para la primera década del siglo XXI (Consejo Europeo, 2000). Como principal estrategia global se apuesta por una transformación de la economía ligada al conocimiento, sustentada en personas ampliamente formadas, con una amplia visión general y capaces de entender problemas complejos, proceso en el cual la educación cobra un notable protagonismo (Marco, 2008).

Este importante desafío requiere avanzar hacia la modernización de los sistemas educativos de los distintos estados miembros, a través del desarrollo de una serie de líneas de actuación que posibiliten una educación y formación adecuadas para vivir y trabajar en la sociedad del siglo XXI. En concreto, y dentro de los objetivos educativos básicos, que adopta el Consejo para lograr antes de 2010, se apuesta porque los países miembros puedan asegurar a sus estudiantes, al finalizar el periodo de enseñanza obligatoria, los conocimientos y competencias clave necesarias para desenvolverse con responsabilidad en una sociedad supranacional basada en el conocimiento (Consejo Europeo, 2000).

Tras un trabajo de conceptualización de las competencias clave y la definición y selección de las mismas, y como parte de la puesta en práctica del programa antes citado, en noviembre de 2004 se publica el documento de la Comisión Europea *Competencias clave para un aprendizaje a lo largo de la vida. Un marco de referencia europeo* (Comisión Europea, 2004b) que se concreta ejecutivamente en la recomendación 2006/962/EC del Parlamento Europeo (Parlamento Europeo, 2006).

En dicho documento se define la competencia como: «una combinación de destrezas, conocimientos, aptitudes y actitudes, y a la inclusión de la disposición para aprender además del saber cómo» (p. 5). Por otro lado, y de forma explícita se refiere a las competencias clave: «... representan un paquete multifuncional y transferible de conocimientos, destrezas y actitudes que todos los individuos necesitan para su realización y desarrollo personal, inclusión y empleo. Éstas deberían haber sido desarrolladas para el final de la enseñanza o formación obligatoria, y deberían actuar como la base para un posterior aprendizaje como parte de un aprendizaje a lo largo de la vida» (p. 13).

En la conceptualización de competencia antes citada, el término “clave” alude a aquellos desempeños necesarios, que se consideran determinantes para la adquisición futura de otros más complejos, a través de un aprendizaje permanente que permita abordar la realidad social basada en el conocimiento. Entendemos que las competencias se consideran clave o básicas si resultan valiosas para la totalidad de la población independientemente del sexo, la condición social y cultural y el entorno familiar.

En el ámbito de la Unión Europea se establecen ocho dominios de competencias clave, que se consideran necesarias para el aprendizaje permanente a lo largo de toda la vida:

1. Comunicación en la lengua materna.
2. Comunicación en lenguas extranjeras.
3. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
4. Competencia digital.
5. Aprender a aprender.
6. Competencias sociales y cívicas.
7. Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa.
8. Conciencia y expresión culturales.

Entre estas competencias algunas exhiben un carácter más transversal y genérico (competencia de aprender a aprender, digital, social y cívica, lingüística, iniciativa personal), mientras que otras muestran un carácter más específico al estar más relacionadas con áreas del currículo (competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, competencia cultural). Debemos precisar, que se clasifican estas competencias como específicas en el sentido de que su aprendizaje básico se relaciona con áreas con-

cretas del currículo, como es el caso de la competencia matemática, si bien, a su desarrollo se puede contribuir desde otras áreas.

2.1.1.4. La propuesta de la OCDE versus la propuesta de la Unión Europea

A efectos de tener una visión de conjunto, en la tabla 2.2, se ofrece una comparativa de algunos aspectos relevantes de ambas propuestas.

ASPECTOS A COMPARAR	PROPUESTA DE LA OCDE	PROPUESTA DE LA UNIÓN EUROPEA
Ámbito de referencia	Dirigida, en primer lugar, a los países miembros de la organización.	Países de la Unión Europea.
Función	Diagnóstico externo del sistema escolar permitiendo la comparación entre países y de cada uno consigo mismo en el tiempo.	Actuar de criterio orientador del currículo en general y el logro de unos mínimos comunes para todos los países homologando sus sistemas. Ofrecer criterios de evaluación interna.
Forma o apariencia	Indicadores.	Directrices curriculares.
Finalidad	Comparar sistemas educativos.	Encontrar las bases de un currículo común europeo al margen de contenidos locales.
Efectos en las prácticas educativas	No tiene implicaciones directas.	Incide en las formas oficiales de ordenar y prescribir las regulaciones del currículo, pero no es probable que incida en las prácticas actuando desde arriba.
Especificación de las competencias	Categorías agrupadas en tres categorías: a) Actuar de manera autónoma. b) Utilizar herramientas de manera interactiva. c) Funcionar en grupos socialmente heterogéneos.	Competencias clave: 1. Comunicación en la lengua materna. 2. Comunicación en lenguas extranjeras. 3. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. 4. Competencia digital. 5. Aprender a aprender. 6. Competencias sociales y cívicas. 7. Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa. 8. Conciencia y expresión culturales.

Tabla 2.2. Comparación entre las propuestas de competencias básicas de la OCDE y la Unión Europea (tomado de Gimeno, 2008).

Podemos apreciar que las estrategias de ambos organismos difieren en cuanto al número y especificación de las competencias, mostrando cada enfoque sus ventajas e inconve-

nientes. En el caso de la OCDE se ha avanzado hacia una interpretación más abierta y general, con la inclusión de una serie de indicadores o rasgos clave y menos ligada a su proyección curricular, que aunque no resuelven toda la problemática sobre su conceptualización suministran una buena base para establecer un recurso coherente sobre las mismas (Escudero, 2008). Aunque se trata de una serie de competencias clave que se han de integrar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de todas y cada una de las áreas de conocimiento, el tratamiento que de las mismas realiza la OCDE, parece adolecer de cierto formalismo pues se conciben al margen de los contenidos que se contemplan en el currículo escolar.

Sin embargo, la Unión Europea ha procurado una vía de actuación más centrada en relacionar las distintas competencias básicas con el contenido curricular, convirtiendo de esta forma el desarrollo de competencias en el instrumento principal para la política curricular y el diseño de los sistemas educativos. Como indican Rychen y Tiana (2004) «...era necesario reconocer la importancia de tomar en consideración los contenidos de las materias y otros aprendizajes cuando se tratase de definir las competencias básicas en los sistemas educativos» (citado por Gimeno, 2008; p. 35). De esta forma, las competencias clave se convierten en el aspecto central de la educación y la formación que deben adquirir los alumnos y alumnas en la sociedad compleja que integra la Unión Europea.

Las competencias clave genéricas y específicas definidas por la Unión Europea indican los objetivos de logro que se consideran básicos y necesarios para el alumnado, constituyéndose como referente para la evaluación, y como tal deben quedar integradas en las distintas áreas curriculares, para ser aprendidas en el marco de un aprendizaje para toda la vida (Álvarez, Pérez y Suárez, 2008). Este planteamiento integrado del currículo por competencias constituye, posiblemente, la mayor innovación que se deriva de este enfoque educativo a la vez que la más compleja y difícil para su puesta en práctica.

En este orden de cosas, el reciente informe publicado en la red europea Eurydice (Eurydice, 2012a) constata la preocupación de ese organismo supranacional sobre cómo se viene desarrollando el proceso de definición de competencias clave y la implantación efectiva de este nuevo paradigma educativo en los distintos sistemas educativos europeos. Según Egido (2011) se puede constatar que este proceso de implantación no se ha realizado de manera uniforme, con dos claras tendencias: por un lado, el modelo elegido por países como Dinamarca o Italia, en los que las competencias básicas se consideran fundamentalmente de carácter transversal y las competencias específicas de las áreas de conocimiento quedan integradas en ellas. Por otro lado, el modelo adoptado por España, Francia o Austria donde las competencias básicas se han definido en torno a ámbitos de conocimiento, a las que se añaden otras de carácter transversal, con un listado de competencias para el desarrollo curricular muy similar al propuesto por la recomendación del Parlamento Europeo en 2006.

Por otro lado, desde los primeros años del siglo XXI, distintos organismos internacionales vienen realizando estudios comparativos del estado de los sistemas educativos, en el

los que se vienen analizando los resultados del rendimiento en contenidos básicos. Quizá el exponente más conocido de este tipo de estudios sea el Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) de la propia OCDE, programa que plantea que el éxito en la vida de un estudiante depende de la adquisición de un amplio rango de competencias, y que ha supuesto un impulso definitivo a la expansión de las competencias básicas en la educación formal (Gimeno, 2008; Pedrinaci, 2012).

Desde la primera prueba, en el año 2000, el programa PISA se dedica a la evaluación en el desempeño de competencias clave de los participantes, estudiantes que finalizan su etapa de escolaridad obligatoria (en torno a los 15 años de edad), aunque por ahora, se ha circunscrito al ámbito de las matemáticas, las ciencias y la comprensión lectora. A partir de muestras representativas en cada país, se trata de analizar el rendimiento de estos estudiantes mediante la aplicación de pruebas únicas estandarizadas y obtener información relevante sobre si han adquirido los conocimientos y destrezas necesarias para su adecuada participación en la sociedad, con el propósito de adoptar decisiones en orden a la mejora de los niveles educativos de los países (Vilches y Gil, 2010).

2.1.1.5. Las competencias básicas en el marco educativo español

Siguiendo las recomendaciones del Parlamento Europeo y del Consejo, pero con ligeros cambios, en España las ocho competencias clave se incorporan a la educación obligatoria con el nombre de competencias básicas, tras la promulgación de la Ley Orgánica de Educación (LOE) en 2006, como ya se ha indicado anteriormente.

Las competencias básicas aparecen vinculadas al concepto de currículo, y así, en el artículo 6.1, capítulo III del Título Preliminar de la citada ley, podemos encontrar que *«se entiende por currículo el conjunto de objetivos, competencias básicas, contenidos, métodos pedagógicos y criterios de evaluación de cada una de las enseñanzas reguladas en la presente Ley»* (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006a; p. 17166). Pero las competencias básicas no solo pasan a formar parte del currículo, también de la evaluación, pues se establecen como referentes para la promoción y titulación, así como para la evaluación de los procesos educativos como las evaluaciones diagnósticas en ESO.

Para el caso de la educación secundaria obligatoria la caracterización de las competencias básicas, a alcanzar tras la finalización de esta etapa educativa, se establece en el correspondiente documento de enseñanzas mínimas. En concreto, en el anexo I del Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, y en relación a este tema, encontramos que *«la incorporación de competencias básicas al currículo permite poner el acento en aquellos aprendizajes que se consideran imprescindibles, desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes adquiridos. De ahí su carácter básico. Son aquellas competencias que debe haber desarrollado un joven o una joven al finalizar la enseñanza obligatoria para poder lograr su realización personal, ejercer la ciudadanía activa, incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria y ser capaz de desarrollar*

un aprendizaje permanente a lo largo de la vida» (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006b; p. 685).

En concordancia con la Estrategia Europea 2020 para la cooperación en el ámbito de la educación y la formación, que insta a los países miembros a una mejora de los resultados educativos utilizando de nuevo el enfoque de competencias como eje vertebrador (Comisión Europea, 2010), la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), por la que se modifican ciertos aspectos de la LOE, mantiene como esencial, y así lo indica en su Preámbulo, la adquisición de las competencias clave esenciales para el aprendizaje permanente delimitadas por la Unión Europea poniendo, de nuevo, el énfasis en la aplicación de un modelo curricular basado en el desarrollo de competencias (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2013).

La selección de las competencias en el contexto español, tomando como referente las ocho competencias clave del marco europeo, se ha realizado de formas ligeramente diferentes en número y denominación, según las dos leyes orgánicas antes citadas (LOE y LOMCE), como se puede contemplar en la tabla 2.3.

UNIÓN EUROPEA (2006) (competencias clave)	ESPAÑA	
	LOE (2006) (competencias básicas)	LOMCE (2013) (competencias clave)
1. Comunicación en la lengua materna.	1. Competencia en comunicación lingüística.	1. Comunicación lingüística.
2. Comunicación en lenguas extranjeras.		
3. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.	2. Competencia matemática.	2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
	3. Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico.	
4. Competencia digital.	4. Tratamiento de la información y competencia digital.	3. Competencia digital.
5. Aprender a aprender.	7. Competencia para aprender a aprender.	4. Aprender a aprender.
6. Competencias sociales y cívicas.	5. Competencia social y ciudadana.	5. Competencias sociales y cívicas.
7. Sentido de la iniciativa y espíritu de la empresa.	8. Autonomía e iniciativa personal.	6. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
8. Conciencia y expresión culturales.	6. Competencia cultural y artística.	7. Conciencia y expresiones culturales.

Tabla 2.3. Adaptación al contexto español de las ocho competencias clave de la Unión Europea.

La inclusión de las competencias básicas como elemento curricular central en la educación obligatoria tiene varias finalidades, entre ellas, la de orientar la enseñanza, al permitir identificar los contenidos y los criterios de evaluación que tienen carácter imprescindible, y, en general, inspirar decisiones como: la realización de los proyectos educativos de los centros, el establecimiento de los objetivos y criterios de evaluación de las

diferentes áreas, los criterios para la promoción y titulación de ciclo y de etapa, la confección de las adaptaciones curriculares al alumnado con necesidades específicas o las evaluaciones de diagnóstico.

2.1.1.6. Elementos y dimensiones de la competencia

Hemos presentado la aproximación al término competencia que realizan la OCDE y la Unión Europea por su interés en el ámbito educativo internacional; no obstante, y como parece evidente no son los únicos intentos de conceptualización, ni existe unanimidad para establecer su significado, situación que ha dado lugar a definiciones muy diversas, aunque generalmente complementarias. Siguiendo a Pro (2012b) *«creemos que, dada la polisemia del término, su auténtico significado está por venir; lo iremos construyendo entre todos a medida que lo vayamos “usando” en nuestra práctica profesional»* (p. 6).

No resulta difícil encontrar extensas listas de definiciones formuladas por distintos autores e instituciones en los ámbitos autonómico, nacional e internacional. No obstante, y a pesar de la diversidad se pueden reconocer algunos elementos nucleares comunes sobre la caracterización de la competencia (Consejo Escolar del Estado, 2008), y que pasamos a comentar seguidamente.

En primer lugar, su carácter integrador en el sentido de que la mayoría de estas definiciones incluyen para la competencia distintos elementos integrados e interrelacionados. Podemos identificar estos elementos concretos con lo que en nuestra cultura pedagógica se conocen como conocimientos, procedimientos y actitudes. De esta manera, para una actuación competente se precisa hacer uso, de forma conjunta y coordinada, tanto de saberes teóricos, de procedimientos para actuar, así como de destrezas, habilidades y de las disposiciones motivacionales que permiten llevar a cabo una tarea: nos estamos refiriendo a las dimensiones cognitiva, instrumental y actitudinal de la competencia. Esta manera de entender la educación supone un avance respecto a la versión compartimentalizada de estos mismos elementos, que se ha venido recogiendo en enfoques más tradicionales. Dicho en otros términos, la inclusión de las competencias en los procesos educativos va mucho más allá de un simple cambio terminológico pues conlleva una forma diferente de entender la educación (Sarramona, 2004).

Otro elemento común en las distintas definiciones hace referencia a su naturaleza multifuncional y transferible. Las competencias son transferibles porque representan saberes que son aplicables en múltiples situaciones y contextos, tanto del entorno escolar formal, como en otros familiares, sociales, laborales, personales, etc. De la misma manera, son multifuncionales en tanto que pueden aplicarse a la resolución de distintos problemas o para conseguir distintos objetivos. En este sentido, deben considerarse un prerrequisito para un adecuado desempeño del ciudadano en el ámbito de lo personal o laboral, proveyendo una respuesta adecuada a las exigencias de las distintas situaciones.

Su carácter dinámico e ilimitado es otro elemento nuclear a destacar. La competencia se adquiere a lo largo de toda la vida y la actuación competente es susceptible de perfeccionamiento continuo, sin límite, pues cada persona, de manera dinámica y conforme a las circunstancias planteadas, responde con niveles de desempeño variables a lo largo de toda su vida (mayor o menor perfectibilidad). De esta manera, una persona será tanto más competente cuanto mejor resuelva el problema o la tarea encomendada.

El último elemento a destacar es su posibilidad de evaluación. Las competencias son evaluables y verificables a través de su desempeño en distintas situaciones y contextos, y el establecimiento de indicadores de niveles de logro. No obstante, la evaluación de competencias resulta un proceso complejo, pues debe valorar distintos elementos interrelacionados en situaciones problemáticas y complejas, que exige de nuevas formas de evaluar y calificar.

Distintos autores han podido constatar que en la mayoría de las definiciones sobre la competencia es posible encontrar una serie de componentes comunes, que podrían agruparse en torno a tres dimensiones: un conjunto de recursos; que se pueden movilizar de forma conjunta e integrada; para resolver con eficacia una situación dentro de un contexto concreto (Consejo Escolar del Estado, 2008).

En esta línea, nos parece especialmente interesante la síntesis que propone Zabala y Arnau (2007) sobre lo que comporta actuar de forma competente, y en concordancia, lo que puede entenderse por competencia (tabla 2.4).

¿QUÉ ENTENDEMOS POR COMPETENCIA?	
QUÉ	Es la capacidad o habilidad
La existencia en las estructuras cognoscitivas de la persona de las condiciones y recursos para actuar. La capacidad, la habilidad, el dominio, la aptitud.	
PARA QUÉ	de efectuar tareas o hacer frente a situaciones diversas
Asumir un rol determinado; una ocupación; una tarea específica; realizar acciones; participar en la vida política, social y culturas de la sociedad; resolver problemas de la vida real, etc.	
DE QUÉ MANERA	de forma eficaz
Capacidad efectiva; de forma exitosa; ejercicio eficaz; conseguir resultados; participación eficaz; movilizándolo a conciencia y de manera a la vez rápida, pertinente y creativa.	
DÓNDE	en un contexto determinado
Una actividad plenamente identificada; en un contexto determinado; en una situación determinada; en un ámbito o escenario de la actividad humana.	
POR MEDIO DE QUÉ	Y para ello es necesario movilizar actitudes, habilidades y conocimientos
Recursos cognitivos; conocimientos, destrezas y actitudes; cualidades, capacidades y aptitudes; conocimientos teóricos y metodológico; toma de decisiones; valores éticos; emociones, etc.	
CÓMO	al mismo tiempo y de forma interrelacionada
De forma integrada	

Tabla 2.4. Componentes y atributos de la competencia (tomado de Zabala y Arnau, 2007).

2.1.1.7. Características, ventajas y dificultades del enfoque educativo basado en el desarrollo de competencias

La educación basada en competencias supone preparar a las nuevas generaciones para el desempeño exitoso de papeles y funciones, lo que sugiere una cierta connotación de capacidad y aptitud para hacer algo (De la Orden, 2011). En línea con esta orientación educativa el documento marco que elabora el Consejo Escolar del Estado (2008) sobre inclusión de las competencias clave en el sistema educativo español recoge las principales características de una educación basada en el desarrollo de competencias, y que pasamos a comentar brevemente.

En primer lugar, una enseñanza dirigida a “saber actuar”. Consecuente con este enfoque el eje organizador del currículo no deben ser los “saberes conceptuales”, sino las competencias básicas que se precisan para actuar en todas los ámbitos del desarrollo de una persona y en todas sus dimensiones individual, social y en su relación con la naturaleza. Así, la acción educativa debe orientarse a la aplicación del conocimiento en situaciones prácticas y en contextos concretos, de manera que el “saber” se convierte en un verdadero instrumento para la acción. De esta manera, el desarrollo de competencias básicas debe permitir a los estudiantes integrar sus aprendizajes, poniéndolos en relación con distintos tipos de contenidos, utilizar esos contenidos de manera efectiva cuando resulten necesarios y aplicarlos en diferentes situaciones y contextos.

En segundo lugar, repensar el sentido de la educación obligatoria orientándola hacia una educación permanente para toda la vida. Se trata de que la educación obligatoria pueda preparar al alumno para iniciar “el largo recorrido de su vida” en las mejores condiciones, y no solo para acceder a estudios superiores. Ahora bien, desarrollar las competencias básicas y relevantes que se precisan para estar preparado para la vida y para el aprendizaje permanente implica importantes cambios en la selección de los contenidos, así como en la metodología de enseñanza centrada en el aprendizaje del alumno.

Un tercer aspecto afecta al rol del profesor que debe asumir su papel de “coeducador”. La inclusión de competencias como referente para las áreas disciplinares rompe la tradicional organización compartimentalizada del currículo por áreas. De esta manera, la función del docente no se limita a “su” especialidad, sino que con el resto del profesorado es corresponsable para que los alumnos desarrollen sus competencias transversales (por ejemplo, tratamiento de la información) y aprendan aquellos contenidos, sobre todo actitudinales y procedimentales, comunes a las distintas áreas. En este planteamiento es indudable la necesidad de organización y coordinación entre los profesores y la coordinación para la evaluación del alumnado.

El papel de la escuela es otro factor de consideración. Si bien el logro de las competencias que se precisan para estar preparado para la vida y para el aprendizaje a lo largo de la vida es responsabilidad de la escuela, no lo es exclusivamente de ella, pues otros sectores sociales también son corresponsables (familia, trabajo, medios de comunicación, ocio y tiempo libre, etc.). Esta conexión plantea dos importantes cuestiones: la delimitación de responsabilidades para determinar las obligaciones de cada sector y la coordina-

ción entre dichos sectores, aunque de manera especial con la familia. Este planteamiento requiere de un modelo de escuela abierto dispuesto a crear sinergias con los sectores implicados; se precisa, de la misma manera, la implicación de los padres en el aprendizaje y evaluación de aquellas competencias de responsabilidad compartida.

Finalmente, la interacción y el contexto como importantes aspectos del aprendizaje. En un enfoque por competencias el alumno no pierde protagonismo, constituyéndose en componente principal del acto didáctico. Respecto a otras culturas pedagógicas el contexto adquiere también una importancia relevante, ya que las competencias presuponen la capacidad de enfrentarse con garantías de éxito a tareas en un contexto determinado. En otras palabras, los aprendizajes escolares requieren de un contexto y situación determinados.

En definitiva, el enfoque por competencias avanza hacia la superación de un enfoque tradicional fuertemente centrado en hechos y conceptos; facilita la identificación, selección y organización de los contenidos esenciales para la formación de los estudiantes para toda la vida y el aprendizaje permanente; permite la integración de contenidos de distinto tipo, y no solo conceptuales, con el tratamiento de diferentes contextos de la vida real; desarrolla habilidades de orden superior; orienta el trabajo en los centros educativos; promueve la cooperación y el trabajo en equipo del profesorado, etc. (Escamilla, 2008).

No obstante, y aunque el advenimiento de la competencia al campo educativo es asumida como solución de muchos problemas de la educación actual, no falta alguna línea crítica sobre la falta de operatividad, por su complejidad y falta de precisión, del trabajo por competencias (Gimeno, 2008; Mulder, Weigel y Collings, 2008). Así, este enfoque no está plenamente consolidado, en gran parte, a la falta de consenso en torno al mismo concepto de competencia (Guzmán, 2012) y a cómo debe afectar a los componentes convencionales del currículo, como objetivos, contenidos, metodología y evaluación: *«A pesar de haber transcurrido ya varias décadas de trabajo con competencias, y de los esfuerzos institucionales por extender el modelo a todos los ámbitos del sistema educativo, todavía sigue existiendo una importante disparidad de tendencias en su conceptualización y en su desarrollo curricular»* (Rosales, 2010; p. 79).

En esta línea, Mulder, Weigel y Collings (2008, citados por Rosales, 2010) recogen algunos aspectos en torno a los que aún se siguen dando discrepancias entre los profesionales de la educación:

- Consideración de las competencias como habilidades superficiales y de carácter puntual frente a una consideración como capacidades básicas y transferibles a diversas situaciones.
- Consideración de las competencias como habilidades descontextualizadas o por el contrario, que solo se manifiestan y tienen sentido en situaciones en las que se han de resolver problemas o realizar tareas.

- Orientación de las competencias hacia el conocimiento o hacia la habilidad. En la conformación de las competencias se primaría uno u otro componente, aun cuando en realidad ambos son necesarios. El conocimiento aporta comprensión de la situación y capacidad de reflexión y la habilidad aporta proyección real, práctica de la competencia.
- Orientación de la competencia a la persona frente a orientación al sistema. En el primer caso se la considera como un instrumento de perfeccionamiento personal, mientras que en el segundo estaría más presente el servicio a la comunidad, y la economía en el caso de la formación profesional.
- Carácter modificable o inalterable de la competencia. En el primer caso se considera que evoluciona con la vida y las situaciones de la persona y que por lo tanto se continúa aprendiendo durante toda la vida. En el segundo caso se considera como un aprendizaje puntual vinculado a una determinada situación y edad.
- Relación unívoca o diversa de las competencias con los resultados del aprendizaje. En realidad no existe relación directa entre competencias y resultados en el aprendizaje. Puede ocurrir que una competencia dé lugar a distintos resultados o que para obtener determinado resultado sea necesario practicar varias competencias. En este mismo sentido, no existe correspondencia entre competencias y asignaturas convencionales, con lo que al desarrollo de una competencia pueden contribuir varias materias. Ello contrasta con la clásica organización disciplinar del conocimiento.

Sin embargo, otros inconvenientes detectados son ajenos al propio enfoque, y están relacionados más con aspectos coyunturales o institucionales. Así, el enfrentamiento entre centrar el aprendizaje en la adquisición de contenidos o en competencias, la falta de preparación del profesorado o su inercia a trabajar de forma individual son factores a considerar; de la misma manera, la dinámica descendente impuesta por la Administración Educativa acarrea los problemas típicos de una innovación promovida institucionalmente: falta de información, de motivación del profesorado, inadaptación a los contextos de trabajo, escasez de recursos, rigidez organizativa, etc., y que pueden llevar a la desvirtuación del modelo competencial (Marchena, 2008; Monereo y Pozo, 2008; Ríos y Gómez, 2013; Rosales, 2010).

Presentados los aspectos más característicos del nuevo enfoque educativo basado en el desarrollo de competencias básicas, seguidamente focalizaremos nuestra atención en la caracterización de la competencia científica para la promoción de la alfabetización en ciencias de la ciudadanía. Debemos recordar (véase nota a pie de página 6) que en este trabajo de tesis utilizaremos, de manera indistinta, tanto la denominación en singular (competencia científica) como en plural (competencias científicas) para referirnos a esta competencia clave.

2.1.2. La competencia científica

Las capacidades y destrezas básicas en ciencias se consideran fundamentales en la formación de las personas, no en vano es seleccionada como una de las ocho competencias clave esenciales para la ciudadanía e imprescindibles para el bienestar social, personal y económico (Comisión Europea, 2006). La inclusión de la competencia científica se justifica por su carácter esencial en la preparación para la vida, pues faculta a las personas para entender el mundo que les rodea y poder intervenir con criterio sobre el mismo:

«Un alto porcentaje de los problemas, situaciones y asuntos a los que deben hacer frente las personas en sus vidas cotidianas requieren un cierto grado de conocimiento científico antes de poder ser valorados, comprendidos o abordados. Las personas se enfrentan a cuestiones con un componente científico o tecnológico tanto a nivel personal como a nivel comunitario, nacional e incluso global y, por tanto, se debe preparar a los y las estudiantes para que aborden este tipo de cuestiones con autonomía y para que tomen decisiones en el ámbito personal y participen en la toma de decisiones que afectan a la comunidad de forma consciente y racional valorando siempre las consecuencias» (AAVV, 2009; p. 1).

La competencia científica debe relacionarse con la capacidad de los ciudadanos de responder a demandas complejas y realizar tareas diversas de forma adecuada en aquellas situaciones en que la ciencia y la tecnología juegan un papel importante (Blanco, España, González y Franco, 2015). En otros términos, la competencia científica se refiere a la aplicación del conocimiento científico en contextos de la vida así como el desarrollo de actitudes que lleven a los estudiantes a comprometerse con cuestiones científicas (Marchán y Sanmartí, 2014).

Desde una perspectiva competencial la enseñanza de las ciencias debe procurar una formación científica que priorice aquellas capacidades que ayuden a los ciudadanos a integrarse mejor en un mundo cada vez más influido por la ciencia y la tecnología. Este enfoque conecta con la necesidad de una adecuada y necesaria alfabetización científica para toda la población, y no solo para la comunidad científica, para lograr una visión de la ciencia como componente imprescindible de la cultura social (Gil y Vilches, 2006a; Sanmartí, 2008).

El desarrollo de competencias científicas como propuesta para reorientar la enseñanza de las ciencias no solo concita acuerdos entre especialistas en Didáctica de las Ciencias Experimentales, en el sentido de lograr una educación científica de mayor calidad (COSCE, 2011), sino que viene siendo impulsada por organismos internacionales de referencia en el ámbito de las competencias, como es el caso de la propia OCDE a través de su mediático programa de evaluación PISA (OCDE, 2006a, 2009, 2012).

2.1.2.1 Caracterización y estructura de la competencia científica

Como veremos seguidamente existen distintos planteamientos sobre cómo abordar y caracterizar la competencia científica, desde su formulación inicial en el ámbito internacional, por organismos como la Unión Europea o la OCDE, hasta la concreción realizada por las Administraciones Educativas de nuestro país, en el ámbito nacional y autonómico, en los currículos y en las evaluaciones diagnósticas (Franco, Blanco y España, 2014). En este sentido, puede consultarse el análisis comparativo que realiza Rebollo (2010) de las dimensiones básicas de la competencia científica de acuerdo a las distintas instituciones referidas.

Estos diversos enfoques, aunque pueden considerarse convergentes, presentan diferencias en aspectos tales como la propia denominación, su definición, finalidad y estructura, como se pone de manifiesto en la tabla 2.5.

ORGANISMO	DENOMINACIÓN	ÁMBITO	FINALIDAD ^(*)		
			REC	REF	EVA
UNIÓN EUROPEA (2006)	Competencias básicas en ciencia y tecnología	Europeo	X	—	—
PISA – OCDE (2006)	Competencia científica	Mundial	—	—	X
MEC (LOE, 2006) Real Decreto de Enseñanzas Mínimas	Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico	Nacional	—	X	—
MECD (LOMCE, 2015) Orden ECD/65	Competencias básicas en ciencia y tecnología	Nacional	—	X	—
CEJA (2008) Marco de la evaluación de diagnóstico	Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico y natural	Autonómico	—	—	X

(*) Leyenda: REC: recomendación; REF: referente curricular; EVA: evaluación de estudiantes.

Tabla 2.5. Distintos enfoques de la competencia científica (adaptado de España y Blanco, 2015).

En los siguientes epígrafes presentaremos los aspectos característicos de la competencia científica de acuerdo a la definición adoptada por cada uno de los organismos que se indican en la tabla anterior.

2.1.2.1.1. Definición de competencia científica en la Unión Europea

La Comisión Europea (2004) en el documento de trabajo *Competencias clave para un aprendizaje a lo largo de la vida. Un marco de referencia europeo*, introduce por primera vez en el ámbito europeo la expresión “competencia en ciencia y tecnología” como parte de una de las ocho competencias clave definidas para el aprendizaje a lo largo de toda la vida (tabla 2.6).

MARCO PARA COMPETENCIAS CLAVE EN UNA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO				
		La competencia consiste en los siguientes conocimientos, destrezas y actitudes dependiendo del contexto:		
Dominio	Definición de la competencia	Conocimientos	Destrezas	Actitudes
3.2. Competencia en ciencia y tecnología	La competencia científica es la habilidad y disposición para usar la totalidad de los conocimientos y la metodología utilizada en el campo de la ciencia para explicar el mundo natural. La competencia en tecnología es vista como la aplicación de estos conocimientos con el fin de modificar el entorno en respuesta a deseos o necesidades humanas.	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento de principios básicos del mundo natural, de la tecnología y de productos y procesos tecnológicos. Comprensión de la relación entre la tecnología y otros campos: progreso científico, sociedad, cultura, o el medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Habilidad para manipular y usar herramientas y maquinaria tecnológica, así como datos científicos y perspicacia para alcanzar una meta o llegar a una conclusión. Habilidad para reconocer las características esenciales de la investigación científica. Habilidad para comunicar conclusiones y los razonamientos por los cuales se llegado a las mismas. 	<ul style="list-style-type: none"> Curiosidad acerca de una apreciación crítica de la ciencia y la tecnología incluyendo tanto temas de seguridad como cuestiones éticas. Actitud positiva y sin embargo crítica hacia el uso de información factual y conciencia de la necesidad de la existencia de un proceso lógico para poder sacar conclusiones. Disposición para adquirir conocimientos científicos e interés por la ciencia y por carreras científicas o tecnológicas.

Tabla 2.6. Definición de la competencia en ciencia y tecnología según la Unión Europea (tomado de Comisión Europea, 2004).

La recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre (número 2006/962/EC), modifica, dos años después, esta denominación pasando a considerarse “competencias básicas en ciencia y tecnología” (Parlamento Europeo, 2006). En el anexo de este documento, publicado por la Comisión Europea bajo el título *Competencias Clave para el Aprendizaje Permanente. Un Marco de Referencia Europeo*, nos encontramos con la siguiente definición de la competencia científica: «La competencia en materia científica alude a la capacidad y la voluntad de utilizar el conjunto de los conocimientos y la metodología empleados para explicar la naturaleza, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas» (Comisión Europea, 2007; p. 6).

En este mismo anexo se encuentran los elementos básicos que deben caracterizar la competencia científica, esto es, describe el conjunto de conocimientos, capacidades y actitudes esenciales que deben relacionarse con la misma (tabla 2.7). Como se observa, esta formulación presta especial atención al significado social del conocimiento científico, donde el énfasis no gira exclusivamente en torno al valor del conocimiento en sí mismo como hacia su utilización y aplicación, hacia la integración del “saber” con el “saber hacer”. Este enfoque reviste una especial importancia pues es conocida la dificul-

tad que manifiestan los estudiantes en aplicar los conocimientos y las destrezas de las ciencias a nuevos contextos o situaciones (Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011).

CONOCIMIENTOS Dimensión A	Por lo que respecta a la ciencia y la tecnología, los conocimientos esenciales comprenden el conocimiento de los principios básicos de la naturaleza, de los conceptos, principios y métodos científicos fundamentales y de los productos y procesos tecnológicos, así como una comprensión de la incidencia que tienen la ciencia y la tecnología en la naturaleza. Ulteriormente, estas competencias deberán permitir a cada persona comprender mejor los avances, las limitaciones y los riesgos de las teorías científicas, las aplicaciones y la tecnología en las sociedades en general (en cuanto a la toma de decisiones, los valores, las cuestiones morales, la cultura, etc.).
CAPACIDADES Dimensión B	Las capacidades en este ámbito se refieren a la habilidad para utilizar y manipular herramientas y máquinas tecnológicas, así como datos científicos con el fin de alcanzar un objetivo o llegar a una decisión o conclusión basada en pruebas. Asimismo, las personas deben ser capaces de reconocer los rasgos esenciales de la investigación científica y poder comunicar las conclusiones y el razonamiento que les condujo a ellas.
ACTITUDES Dimensión C	Esta competencia precisa una actitud de juicio y curiosidad críticos, un interés por las cuestiones éticas y el respeto por la seguridad y la sostenibilidad, en particular por lo que se refiere al progreso científico y tecnológico en relación con uno mismo, con la familia, con la comunidad y con los problemas globales.

Tabla 2.7. Elementos relacionados con la competencia en materia científica y de tecnología según la Unión Europea (tomado de Comisión Europea, 2007).

2.1.2.1.2. Definición de competencia científica en el programa PISA de la OCDE

Como hemos comentado en el anterior apartado, el programa PISA de la OCDE realiza con carácter cíclico (cada tres años) y desde el año 2000, una evaluación internacional estandarizada sobre alumnos de 15 años, centrada en torno a las competencias clave relacionadas con la lectura, matemáticas y científicas.

Desde su arranque, PISA ha mostrado una clara evolución en la fundamentación teórica en torno a cómo desarrollar un esquema para la evaluación en el área de ciencias, con unas primeras aproximaciones, en 2000 y 2003, a la noción de alfabetización científica en la que el concepto de “competencias científicas” adquiere un papel central. La definición más completa aparece en 2006, año en que el programa PISA se centra de manera específica en el área de las ciencias:

«La capacidad de emplear los conocimientos científicos de un individuo y al uso de ese conocimiento para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Asimismo, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicar-

se en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo» (OCDE, 2006b; p. 23).

El enfoque de evaluación en ciencias que propone PISA en 2006 se caracteriza por la interrelación de cuatro elementos: contextos, competencias, contenidos y actitudes, tal como se muestran en la figura 2.1.

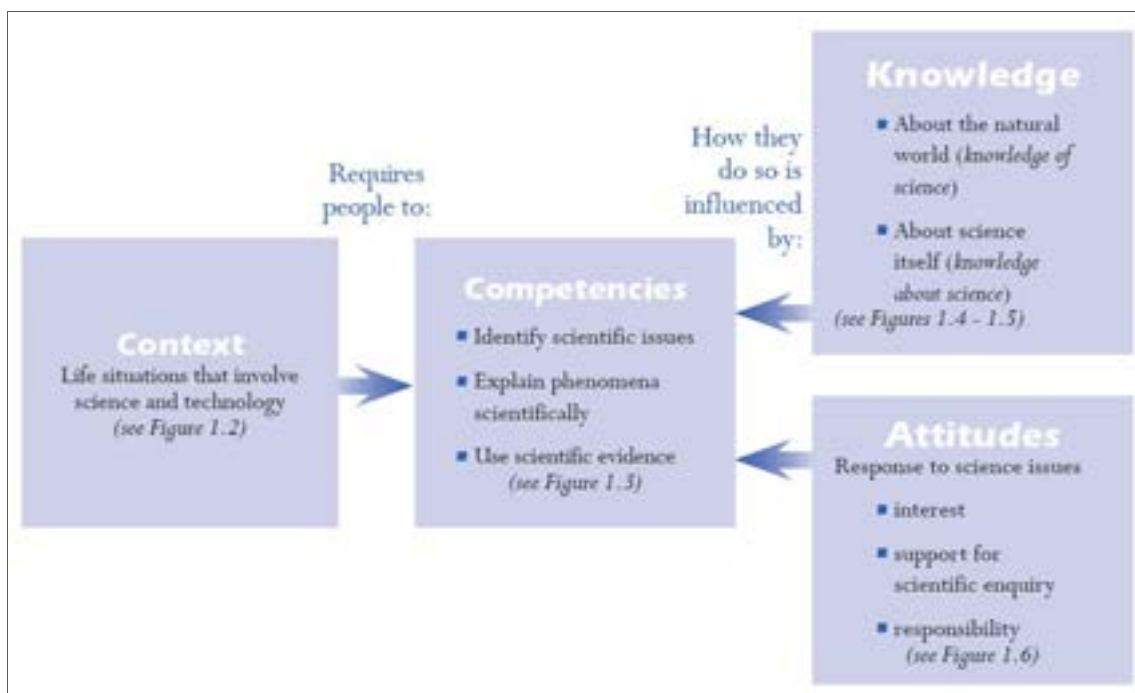


Figura 2.1. Marco para la evaluación de la alfabetización científica en PISA 2006 (OCDE, 2006a).

Según este enfoque los procesos o destrezas científicas básicas para la evaluación de la alfabetización científica, se organizan en tres grupos de competencias científicas, de acuerdo con el tipo de capacidad predominante que se demanda (OCDE, 2006a):

- a) Identificar cuestiones científicas.
- b) Explicar fenómenos científicos.
- c) Utilizar pruebas científicas

Este conjunto de competencias científicas pueden entenderse como importantes herramientas que nos ayudan a plantearnos y tomar decisiones sobre múltiples cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología –cuestiones CTS– que forman parte de la vida de los estudiantes y de la sociedad de la que serán futuros ciudadanos (Fensham, 2009), y sobre las que existe un amplio grado de consenso en cuanto a su importancia para la formación de los estudiantes de la educación obligatoria (Cañas, Martín-Díaz y Niedo 2007, 2008).

El enfoque de PISA en ciencias 2006 se muestra de especial relevancia para la investigación que se presenta en esta memoria de tesis, por lo volveremos al mismo algo más adelante, en el capítulo V, donde ampliaremos su descripción.

El modelo de evaluación en ciencias se ha mantenido, sin apenas cambios, en las pruebas llevadas a cabo por PISA en los años 2009 y 2012; sin embargo, con vistas a la evaluación de 2015, y dado que las ciencias volverán a ser objeto de atención preferente, PISA ha procedido a revisar y refinar el marco de evaluación con algunos cambios terminológicos que reflejan de manera más exacta lo que dicha evaluación pretende (figura 2.2).

En concreto, se ha avanzado en la descripción de la alfabetización científica que queda definida en términos de un conjunto de competencias que engloba lo que una persona educada científicamente conoce, comprende y es capaz de aplicar: *«La alfabetización científica es la capacidad que muestra un ciudadano reflexivo para participar en cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas de la ciencia. Una persona científicamente alfabetizada está dispuesta a participar en una conversación razonada acerca de la ciencia y la tecnología»* (OCDE, 2013; p. 7).

En este mismo documento se establece que para conseguirla es necesario el desarrollo de tres competencias científicas, que definen el nuevo marco para la evaluación en ciencias de las pruebas PISA del año 2015 (OCDE, 2013):

- a) Explicar fenómenos científicamente
- b) Evaluar y diseñar investigación científica (experimentos y preguntas científicas).
- c) Interpretar datos y pruebas científicamente

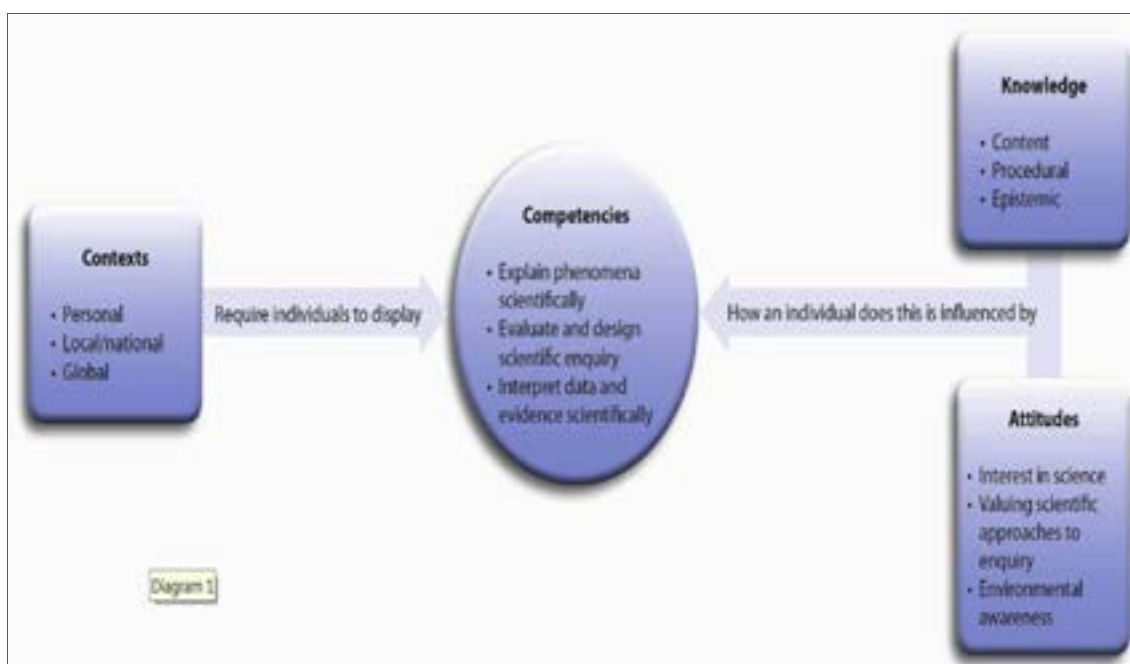


Figura 2.2. Marco para la evaluación de la alfabetización científica en PISA 2015 (OCDE, 2013).

Puede observarse cómo las competencias relacionadas con la explicación científica y la utilización de pruebas, que maneja PISA en 2006, mantienen “su identidad” en este nuevo marco de evaluación. Sin embargo, la competencia relacionada con la identificación de cuestiones científicas pasa a formar parte, en PISA 2015, de una competencia más genérica bajo la denominación de *Evaluación y diseño de la investigación científica*.

La capacidad de los estudiantes para demostrar cualquiera de estas competencias científicas requiere del conocimiento. Debemos recordar que en 2006 el conocimiento científico quedó diferenciado en dos tipos: “conocimiento de la ciencia” y “conocimiento acerca de la ciencia”. En PISA 2015 se advierte una evolución en lo que respecta a la definición del “conocimiento acerca de la ciencia”, pues queda ahora dividido en dos componentes que permiten una mayor claridad. De esta manera, PISA 2015 refiere tres tipos de conocimiento científico: a) conocimiento conceptual, sobre el contenido sustantivo de la ciencia (incluyendo sistemas físicos, sistemas biológicos, y ciencias de la tierra y del espacio); b) conocimiento procedimental, sobre la diversidad de métodos y prácticas que se emplean para establecer el conocimiento científico, y c) conocimiento epistemológico, sobre la manera en que las ideas se justifican y garantizan en ciencia, y el significado que tienen términos como teoría, hipótesis y observación.

Finalmente, PISA 2015 sitúa estas competencias dentro de una serie de temas y contextos, en buena parte coincidentes con la propuesta de 2006: salud y enfermedad, recursos naturales, medio ambiente, riesgos naturales y fronteras entre la ciencia y la tecnología. Por otro lado, estos contextos abarcan situaciones relevantes e interesantes para la vida y que pueden afectar a los estudiantes en el ámbito de lo personal, local/nacional y global. Esto último conlleva un ligero cambio respecto a la terminología utilizada en la evaluación de 2006 pues los contextos se referían a lo personal, social y global.

El enfoque que aporta PISA en ciencias contribuye de forma importante a entender los distintos aspectos de la competencia científica y cómo evaluar la alfabetización científica de forma válida y fiable (Bybee, 1997; Bybee, McCrae, y Laurie, 2009; Fensham, 2007). En este sentido, se ha apuntado la importancia de este enfoque para la mejora del aprendizaje y la enseñanza en general (Hernández, 2006) y de las ciencias en particular, así como para la extensión de una educación de calidad, con orientaciones que se apoyan en los resultados convergentes de la investigación educativa de las últimas décadas (Gil y Vilches, 2006; Vilches y Gil, 2010).

No obstante, para otros autores este programa no está exento de críticas (Sanmartí y Sardá, 2007). Para Yus *et al.* (2013) PISA en ciencias maneja una concepción de competencia atomizada, que no evalúa tanto el grado de competencia de los estudiantes como el grado de adquisición de las distintas capacidades implicadas, no de manera integrada sino consideradas de manera aislada.

2.1.2.1.3. Definición de competencia científica en el marco educativo español

La idea de competencia científica aparece en la legislación educativa estatal, que emana de la Ley Orgánica de Educación (LOE) a partir de 2006, con la denominación de “competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico” (en adelante CIMF). Como puede observarse en esta denominación no figura el término “científico”, matiz que para algunos autores, conlleva implicaciones en cómo desarrollar este modelo en el sistema educativo español (Mejías, 2010).

Para la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), esta competencia se presenta y analiza, junto con el resto de competencias básicas que contempla el ordenamiento español, en el anexo I del Real Decreto 1631/2006 de Enseñanzas Mínimas para la ESO (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006b), que textualmente entiende esta competencia como *«la habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en los aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilita la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos»* (p. 687).

Entendemos que la capacidad de interaccionar con el mundo físico, se convierte en el elemento central de esta competencia (Cañas, Martín-Díaz y Niedo, 2007), lo que requiere de la aplicación del conocimiento científico a las situaciones planteadas, así como del desarrollo específico de habilidades que ayuden al estudiante a interpretar y desenvolverse en el mundo que lo rodea:

«En definitiva, esta competencia supone el desarrollo y aplicación del pensamiento científico-técnico para interpretar la información que se recibe y para predecir y tomar decisiones con iniciativa y autonomía personal en un mundo en el que los avances que se van produciendo en los ámbitos científico y tecnológico tienen una influencia decisiva en la vida personal, la sociedad y el mundo natural. Asimismo, implica la diferenciación y valoración del conocimiento científico al lado de otras formas de conocimiento, y la utilización de valores y criterios éticos asociados a la ciencia y al desarrollo tecnológico» (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006b; pp. 687-688).

En el seno del grupo de investigación en el que se enmarca este trabajo de tesis (grupo ENCIC) se ha realizado un exhaustivo análisis del anexo I antes citado, lo que nos ha permitido encontrar qué tipos de habilidades específicas están implicadas en el desarrollo de esta competencia, y en qué acciones concretas se muestran (Blanco, 2012). El desarrollo de la CIMF requiere, además, del aprendizaje de una serie de conocimientos científicos y sobre la ciencia, así como del desarrollo de una serie de actitudes y valores. En la tabla 2.8 se muestran estos elementos básicos a partir del análisis del texto oficial citado.

COMPETENCIA EN EL CONOCIMIENTO Y LA INTERACCIÓN CON EL MUNDO FÍSICO (Análisis de los anexos I y II del Real Decreto 1631/2006)		
¿QUÉ SIGNIFICA INTERACTUAR CON EL MUNDO FÍSICO?		
HABILIDADES PARA INTERPRETARLO		HABILIDADES PARA DESENVOLVERSE
Exige la aplicación de los conceptos y principios básicos que permiten el análisis de los fenómenos desde los diferentes campos de conocimiento científico involucrados.		Con autonomía e iniciativa personal en ámbitos de la vida y del conocimiento muy diversos (salud, actividad productiva, consumo, ciencia, procesos tecnológicos, etc.)
Esta competencia requiere de HABILIDADES relacionadas con la:		
IDENTIFICACIÓN: Se muestran cuando los alumnos/as son capaces, entre otras cosas, de: <ul style="list-style-type: none"> Localizar y obtener información cualitativa y cuantitativa. Identificar preguntas o problemas relevantes. Identificar el conocimiento disponible (teórico y empírico) necesario para responder a las preguntas científicas o para obtener, interpretar, evaluar y comunicar conclusiones en diversos contextos (académico, personal y social). Diferenciar el conocimiento científico de otras formas de conocimiento. 		OBSERVACIÓN: Se muestran cuando los alumnos/as son capaces, entre otras cosas, de: <ul style="list-style-type: none"> Percibir adecuadamente el espacio físico en el que se desarrollan la vida y la actividad humana, tanto a gran escala como en el entorno individual. Realizar observaciones directas e indirectas con conciencia del marco teórico o interpretativo que las dirige.
PLANIFICACIÓN: Se muestran cuando los alumnos/as son capaces, entre otras cosas, de: <ul style="list-style-type: none"> Plantear preguntas y problemas relevantes. Plantear y contrastar soluciones tentativas o hipótesis. Elaborar estrategias para obtener conclusiones, incluyendo, en su caso, diseños experimentales. Planificar soluciones técnicas, siguiendo criterios de economía y eficacia, para satisfacer las necesidades de la vida cotidiana y del mundo laboral. 		APLICACIÓN/EXPLICACIÓN: Se muestran cuando los alumnos/as son capaces, entre otras cosas, de: <ul style="list-style-type: none"> Aplicar nociones, conceptos científicos y técnicos, y teorías científicas básicas previamente comprendidas. Aplicar conocimientos y procedimientos para dar respuestas a lo que se percibe como demandas o necesidades de las personas, de las organizaciones y del medio ambiente. Manejar soluciones técnicas, siguiendo criterios de economía y eficacia, para satisfacer las necesidades de la vida cotidiana y del mundo laboral. Realizar conjeturas, predicciones e inferencias fundamentadas de distinto nivel de complejidad.
ANÁLISIS: Se muestran cuando los alumnos/as son capaces, entre otras cosas, de: <ul style="list-style-type: none"> Analizar sistemas y/o problemas complejos en los que intervienen varios factores. Manejar las relaciones entre los conceptos básicos de cada una de las ciencias de la naturaleza: de causalidad o de influencia, cualitativas o cuantitativas. Analizar y representar información cualitativa y cuantitativa. Discutir y analizar el interés de situaciones concretas de forma cualitativa y significativa, para comprenderlas y acotarlas. Analizar resultados. 		SÍNTESIS/EVALUACIÓN: Se muestran cuando los alumnos/as son capaces, entre otras cosas, de: <ul style="list-style-type: none"> Obtener conclusiones basadas en pruebas. Argumentar racionalmente sobre las consecuencias de distintos modos de vida. Valorar el conocimiento científico con respecto a otras formas de conocimiento.
Requiere del aprendizaje de unos CONOCIMIENTOS:		
De ciencia: <ul style="list-style-type: none"> El aprendizaje de los conceptos y procedimientos esenciales en cada una de las ciencias de la naturaleza. El conocimiento del propio cuerpo. 	Sobre la ciencia: <ul style="list-style-type: none"> La familiarización con el trabajo científico para el tratamiento de situaciones de interés, y con su carácter tentativo y creativo. El conocimiento del modo en que la ciencia genera el conocimiento sobre los fenómenos naturales. El reconocimiento de la naturaleza, fortalezas y límites de la actividad investigadora como construcción social del conocimiento a lo largo de la historia. 	De las relaciones CTS: <ul style="list-style-type: none"> Las relaciones entre los hábitos y las formas de vida y la salud. El conocimiento de las implicaciones que la actividad humana y, en particular, determinados hábitos sociales y la actividad científica y tecnológica tienen en el medio ambiente.

Tabla 2.8. Análisis de la CIMF en el currículo oficial LOE (tomado de Blanco, 2012).

COMPETENCIA EN EL CONOCIMIENTO Y LA INTERACCIÓN CON EL MUNDO FÍSICO (Análisis de los anexos I y II del Real Decreto 1631/2006)	
Requiere de una ACTITUDES Y VALORES:	
CIENTÍFICAS Y HACIA LA CIENCIA: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Demostrar espíritu crítico en la observación de la realidad y en el análisis de los mensajes informativos y publicitarios. ▪ Utilizar valores y criterios éticos asociados a la ciencia y al desarrollo tecnológico. ▪ Evitar caer en actitudes simplistas de exaltación o de rechazo del papel de la tecnociencia, favoreciendo el conocimiento de los grandes problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad. 	SOBRE LA SALUD/EL CONSUMO: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adquirir hábitos de consumo racional y responsable en la vida cotidiana. ▪ Adoptar una disposición a una vida física y mental saludable. ▪ Proteger la salud individual y colectiva. ▪ Tomar decisiones sobre el mundo físico y sobre los cambios que la actividad humana produce sobre la salud y la calidad de vida de las personas.
SOCIALES/AMBIENTALES: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Usar responsablemente los recursos naturales, fomentando la solidaridad global e intergeneracional. ▪ Cuidar el medio ambiente y la diversidad natural. ▪ Tomar conciencia de la importancia de que todos los seres humanos se beneficien del desarrollo. ▪ Desarrollar responsabilidad y respeto hacia los demás y hacia uno mismo. ▪ Buscar soluciones para avanzar hacia el logro de un desarrollo sostenible. ▪ Participar en la toma de decisiones en torno a los problemas locales y globales planteados y los cambios que la actividad humana produce sobre el medio ambiente. ▪ Tomar conciencia sobre la influencia que tiene la presencia de las personas en las modificaciones en el medio ambiente. 	

Tabla 2.8. Análisis de la CIMF en el currículo oficial LOE (continuación) (tomado de Blanco, 2012).

En 2013, se publica la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa –LOMCE– (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2013) que no deroga, pero sí modifica sustancialmente la Ley Orgánica de Educación de 2006. En el tema que nos ocupa, se produce un cambio de denominación de la competencia retomándose la denominación original propuesta por la Unión Europea en 2006: “competencias básicas en ciencia y tecnología”.

Como parte del desarrollo reglamentario de la LOMCE, en el anexo I de la Orden ECD/65/2015 (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015), se describen las competencias claves del sistema educativo en España, entre las que se encuentran las citadas competencias básicas en ciencia y tecnología:

«...son aquellas que proporcionan un acercamiento al mundo físico y a la interacción responsable con él desde acciones, tanto individuales como colectivas, orientadas a la conservación y mejora del medio natural, decisivas para la protección y mantenimiento de la calidad de vida y el progreso de los pueblos. Estas competencias contribuyen al desarrollo del pensamiento científico, pues incluyen la aplicación de los métodos propios de la racionalidad científica y las destrezas tecnológicas, que conducen a la adquisición de conocimientos, la contrastación de ideas y la aplicación de los descubrimientos al bienestar social» (p. 6994).

Las competencias básicas en ciencia y tecnología capacitan a ciudadanos responsables y respetuosos que desarrollan juicios críticos sobre los hechos científicos y tecnológicos que se suceden a lo largo de los tiempos, pasados y actuales. Para el adecuado desarrollo de estas competencias resulta necesario abordar los saberes o conocimientos científicos relativos a la física, la química, la biología, la geología, las matemáticas y la tecnología, los cuales se derivan de conceptos, procesos y situaciones interconectadas.

Se requiere igualmente el fomento de destrezas que permitan utilizar y manipular herramientas y máquinas tecnológicas, así como utilizar datos y procesos científicos para alcanzar un objetivo; es decir, identificar preguntas, resolver problemas, llegar a una conclusión o tomar decisiones basadas en pruebas y argumentos.

Asimismo, estas competencias incluyen actitudes y valores relacionados con la asunción de criterios éticos asociados a la ciencia y a la tecnología, el interés por la ciencia, el apoyo a la investigación científica y la valoración del conocimiento científico; así como el sentido de la responsabilidad en relación a la conservación de los recursos naturales y a las cuestiones medioambientales y a la adopción de una actitud adecuada para lograr una vida física y mental saludable en un entorno natural y social.

2.1.2.1.4. Definición de competencia científica en el marco educativo andaluz

El Decreto 231/2007 por el que se establece la ordenación de las enseñanzas de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía (Consejería de Educación y Ciencia, 2007a), incorpora la competencia científica al ordenamiento educativo autonómico con el nombre de “competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico y natural” –nótese que se añade el término “natural” a la denominación de la competencia que se maneja a nivel estatal–. Con la misma denominación se incorpora esta competencia a la Ley 17/2007 de Educación de Andalucía (artículo 41) (Consejería de Educación, 2007b).

En el Decreto mencionado se alude a la competencia científica en los siguientes términos: «*Recogerá la habilidad para la comprensión de los sucesos, la predicción de las consecuencias y la actividad sobre el estado de salud de las personas y la sostenibilidad medioambiental*» (p. 17). Salvo esta mínima aportación la normativa educativa andaluza remite a la estatal para todo lo relacionado con la caracterización de la competencia científica.

En el curso escolar 2007/2008 la comunidad andaluza publica su modelo para la evaluación de diagnóstico (Sánchez, 2007), donde se concreta y avanza en la conceptualización de esta competencia básica, que conecta de forma clara con el enfoque de alfabetización científica. Así, se dice que «*la competencia básica en el conocimiento y la interacción con el mundo físico y natural hace referencia a la capacidad de utilizar el conocimiento científico, aplicar la metodología científica y ser consciente del papel que ejerce la ciencia y la tecnología en el desarrollo de la sociedad y en el medio ambiente*» (Consejería de Educación, 2008; p. 3).

Este modelo de evaluación, idéntico para las etapas de primaria y secundaria, incide sobre tres dimensiones de la competencia científica: metodología científica, conocimientos científicos e interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (C-T-S-A), respectivamente, desglosadas cada una de ellas en tres elementos de competencias (tabla 2.9).

COMPETENCIA EN EL CONOCIMIENTO Y LA INTERACCIÓN CON EL MUNDO FÍSICO Y NATURAL (Evaluación de Diagnóstico en Andalucía)	
Dimensión	Elemento de la competencia
1. Metodología científica.	SCI1.1. Aplica estrategias coherentes con los procedimientos de la ciencia en la resolución de problemas. SCI1.2. Reconoce, organiza e interpreta información con contenido científico proporcionada en diferentes formas de representación. SCI1.3. Diseña o reconoce experiencias sencillas para comprobar y explicar fenómenos naturales.
2. Conocimientos científicos.	SCI2.1. Identifica los principales elementos y fenómenos del medio físico, así como su organización, características e interacciones. SCI2.2. Explica fenómenos naturales y hechos cotidianos aplicando nociones científicas básicas. SCI2.3. Emplea nociones científicas básicas para expresar sus ideas y opiniones sobre hechos y actuaciones.
3. Interacciones C-T-S-A.	SCI3.1. Identifica hábitos de consumo racional con sentido de la responsabilidad sobre uno mismo, los recursos y el entorno. SCI3.2. Reconoce la influencia de la actividad humana, científica y tecnológica en la salud y el medio ambiente, valorando racionalmente sus consecuencias. SCI3.3. Reflexiona sobre las implicaciones ambientales, sociales y culturales de los avances científicos y tecnológicos.

Tabla 2.9. Componentes, a efectos de la evaluación de diagnóstico 2008-2009, de la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico y natural en Andalucía (tomado de Consejería de Educación, 2008).

Se considera que esta competencia debe ser evaluada teniendo en cuenta el contexto próximo y habitual de los estudiantes, así como sus vivencias y experiencias cotidianas: *«Concretamente nos interesa conocer cómo los alumnos y alumnas son capaces de poner en juego sus diferentes conocimientos y habilidades científicas en situaciones problemáticas lo más reales posibles»* (Consejería de Educación, 2008; p. 4).

2.1.2.1.5. Otros enfoques para la competencia científica

Junto con los intentos de conceptualización por parte de distintos organismos oficiales, mostrados hasta aquí, creemos oportuno recoger la aportación al desarrollo de la competencia científica que proponen autores como Pedrinaci y Cañal y que revela un importante compromiso por avanzar en su caracterización: *«Competencia científica es la capacidad de utilizar el conocimiento científico para describir, explicar y predecir fenómenos naturales, para formular y contrastar hipótesis, para utilizar modelos, para comprender los rasgos característicos de la ciencia, así como la capacidad de documentarse, argumentar y tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana genera en él»* (Pedrinaci, 2009; p. 20).

Estos autores contemplan la competencia científica como una cualidad global y compleja de la persona. Una cualidad que se va formando progresivamente, que se manifiesta en la interacción del sujeto con la realidad y que exige la posesión de un conjunto inte-

grado de capacidades científicas. En esta opción definitoria, la competencia científica se considera un todo integrado y funcional, no como un conjunto de subcompetencias científicas que hay que aprender de forma independiente, proceso de atomización que desvirtúa el sentido del enfoque de educación competencial. Por eso, el carácter global de la competencia requiere de un proceso de construcción sectorial pero con avances en paralelo de cada una de la capacidades que incluye (Cañal, 2012a).

Bajo este enfoque el desarrollo de la competencia científica implica un proceso de aprendizaje y estructuración que se produce paralelamente en distintos niveles de organización del conocimiento. El primero, el de la construcción de aprendizajes básicos relativos a conceptos, procedimientos y actitudes científicas. El segundo nivel, de integración progresiva de estos aprendizajes, lo que da lugar a las distintas capacidades científicas. Finalmente, el tercer nivel conlleva la integración global y funcional de estas capacidades en relación con contextos y situaciones problemáticas concretas del desenvolvimiento del alumnado (Cañal, 2012a).

Para estos autores el proceso de construcción no debe contemplarse de manera mecánica y rígida. En este sentido, tanto los aprendizajes básicos como las capacidades científicas personales o la competencia científica global, se construyen e interrelacionan progresivamente a través de distintos grados de integración. El desarrollo de la competencia científica global, según se considera en este enfoque, depende del avance e integración de 11 capacidades científicas que se organizan en cuatro dimensiones interrelacionadas: conceptual, metodológica, actitudinal e integrada, tal como se recogen en la tabla 2.10.

DIMENSIÓN DE LA C.C. ^(*)	CAPACIDADES CIENTÍFICAS
Conceptual	Capacidad de utilizar el conocimiento científico personal para describir, explicar y predecir fenómenos naturales. Capacidad de utilizar los conceptos y modelos científicos para analizar problemas.
Metodológica	Capacidad de diferenciar la ciencia de otras interpretaciones no científicas de la realidad. Capacidad de identificar problemas científicos y diseñar estrategias para su investigación. Capacidad de obtener información relevante para la investigación. Capacidad de procesar la información obtenida. Capacidad de formular conclusiones fundamentadas.
Actitudinal	Capacidad de valorar la calidad de una información en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla. Capacidad de interesarse por el conocimiento, indagación y resolución de problemas científicos y problemáticas socioambientales. Capacidad de adoptar decisiones autónomas y críticas en contextos personales y sociales.
Integrada	Capacidad de utilizar de forma integrada las anteriores capacidades para dar respuestas o pautas de actuación adecuadas ante problemas concretos científicos, tecnológicos o socioambientales en contextos vivenciales del alumnado.

^(*) C.C. = competencia científica.

Tabla 2.10. Capacidades que integran la competencia científica (tomado de Cañal, 2012a).

España y Blanco (2015) han comparado los planteamientos descritos acerca de cómo entender la competencia científica identificando algunos aspectos comunes a los distintos enfoques y que pueden considerarse como rasgos distintivos de esta competencia:

- a) Capacidad para aplicar el conocimiento científico a problemas y situaciones de la vida de la persona.
- b) Comprensión de los rasgos característicos de la ciencia.
- c) Comprensión de la influencia de la ciencia y la tecnología en diferentes contextos de nuestras vidas.
- d) Disposición a implicarse, de forma individual y colectiva, en asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología, y a tomar decisiones con iniciativa y autonomía personal.

2.1.2.2. ¿Qué modelo de competencia científica utilizar?

El concepto de competencia científica parece generar importantes expectativas en orden a superar algunos “viejos problemas” que vienen asociándose con la enseñanza de las ciencias (utilidad de los aprendizajes, currículos sobrecargados, una enseñanza descontextualizada, etc.). Cada uno de los enfoques presentados en los epígrafes anteriores propone y desarrolla un modelo de competencia científica, pero ninguno de ellos llega a concretarlo para las etapas y niveles de la educación obligatoria en los que se debe aplicar.

Entonces, ¿a qué enfoque atender: al modelo institucional que establecen las distintas Administraciones Educativas, al que propone PISA o al de las evaluaciones diagnósticas? Los currículos oficiales y las recomendaciones de los organismos internacionales solo proporcionan fundamentos y recomendaciones, pero no orientaciones, desarrollos concretos o ejemplos para las prácticas educativas, mientras que las pruebas de evaluación diagnóstica marcan niveles de desempeño a determinadas edades, pero no cómo se pueden alcanzar o mejorar dichos niveles.

De entrada, parece lógico que el profesorado adopte como modelo de referencia el que se establece en los currículos, pues son estos los documentos que deben servir de referente para el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje y también para el diseño y selección de los materiales didácticos, y en particular, los libros de texto.

Sin embargo, este planteamiento conlleva el problema que supone el concepto de competencia científica que se maneja en el diseño curricular oficial¹: la amplitud de su definición (véase página 39) y la forma tan general en la que se describe hace difícil identi-

¹ Como se ha indicado en el año 2013 se promulga la LOMCE, ley educativa que introduce importantes modificaciones en los currículos escolares. A la fecha de redacción de este trabajo la comunidad andaluza aún no había desarrollado los nuevos currículos para la Educación Secundaria Obligatoria, razón por la que mantendremos lo currículos LOE como referentes para la investigación.

ficar sus componentes y los aspectos importantes que forman parte de ella. En este sentido, una de las deficiencias que más se achacan al modelo de competencia científica que se presenta en los currículos es la ausencia de una secuenciación (Zabala y Arnau, 2007; Pro y Rodríguez, 2010). Por estos motivos, su utilización como referente para la práctica se muestra compleja (Pro, 2007).

Por otro lado, dada la participación de España en el programa de evaluación PISA, parecería igualmente lógico, promover el modelo de competencia científica que este programa plantea. Aunque PISA en ciencias maneja un modelo de evaluación externa y no curricular, muestra una formulación bastante precisa y funcional y, por ello, puede ser más fácil de utilizar para un profesorado que se está iniciando en el uso de las competencias como referente para la práctica educativa y para la evaluación (Rodríguez Mora y Blanco, en prensa).

Para Gil y Vílches (2006b) PISA constituye un instrumento potencialmente valioso para la mejora del aprendizaje de la enseñanza y los currículos de ciencias, que hasta ahora ha sido desaprovechada en nuestro país, dando lugar incluso, a interpretaciones distorsionadas, perjudiciales para la extensión de una educación de calidad. Entre otros aspectos, estos autores subrayan la necesidad de superar el escaso conocimiento por parte del profesorado de las orientaciones y fundamentación de este proyecto. La falta de adecuación entre el concepto de competencia que PISA plantea y el tipo de enseñanza que habitualmente se lleva a cabo en los centros de secundaria en nuestro país, ha sido analizada por algunos autores como Hernández (2006), quien propone una exploración de la idea de aprendizaje presente en el programa PISA para repensar la tarea que se lleva a cabo en los centros.

Estos planteamientos son asumidos en el trabajo de investigación que aquí presentamos, al tomar el enfoque de PISA en ciencias 2006 como referente para el desarrollo de competencias científicas. Por tal motivo, se volverá a considerar este enfoque más adelante, en el epígrafe 5.1.1, al presentar los fundamentos del diseño de nuestra propuesta didáctica en torno al agua de bebida embotellada, como ya se indicó en un epígrafe anterior.

2.1.2.3. El desarrollo curricular de la competencia científica

Un campo de investigación de especial interés en la enseñanza de las ciencias se orienta en torno a posibles estrategias para favorecer el desarrollo de competencias científicas por parte de los estudiantes. En la Didáctica de las Ciencias Experimentales se viene teorizando acerca de cuáles podrían constituir los aspectos claves para dinamizar esta labor, a partir de la consideración de un amplio rango de factores, desde cómo entender la propia competencia científica, las modificaciones a contemplar en los currículos y modelos didácticos, el contenido y orientación de los materiales educativos, la dedicación lectiva a la enseñanza de las ciencias, la organización de los centros, la selección y formación del profesorado, los procesos evaluativos, etc. (Franco, Blanco y España, 2014). Seguidamente analizaremos algunos aspectos de interés.

Es indudable que orientar los currículos, tradicionalmente centrados en la adquisición de conocimientos académicos, hacia el desarrollo de competencias básicas implica cambios de hondo calado en las prácticas educativas. Uno de los aspectos que se muestra especialmente relevante es el desarrollo curricular de las competencias básicas, esto es, el proceso que se debe seguir para pasar de los principios generales expresados en la definición de las competencias básicas a su concreción en el trabajo diario de las aulas (Zabala, 2009a). Tal como se ha indicado en la página 46 (véase nota a pie de página), en lo que sigue nos referiremos a cómo se ha desarrollado este proceso a partir de la Ley Orgánica de Educación (LOE).

En nuestro país la orientación del currículo hacia el desarrollo de competencias se hace efectiva con la promulgación de la LOE en 2006 en clara adaptación a las recomendaciones internacionales en esta materia. En el anexo I del Real Decreto 1631/2006 de Enseñanza Mínimas para la Educación Secundaria Obligatoria, se establece el sentido de esta incorporación por cuanto la formación no puede concebirse como la acumulación de conocimientos de los diferentes ámbitos disciplinares, sino que debe permitir poner el acento en aquellos aprendizajes que se consideran imprescindibles para un desarrollo integrador y orientado a la utilización de los saberes adquiridos en situaciones nuevas y cotidianas (Álvarez, Pérez y Suárez, 2008).

Ahora bien, distintos análisis concluyen que la incorporación de las competencias al currículo español se ha realizado con cierta premura y quizá no de la manera más adecuada (Bolívar, 2008; Pedrinaci, 2012), en un proceso que no ha estado exento de contradicciones, de manera que la presencia de las competencias en la propuesta curricular de la LOE, lejos de resultar integradora, parece no estar en consonancia con las propias finalidades para su incorporación que se declaran en el anexo I del Real Decreto antes citado (Guarro, 2008).

No obstante, Tiana (2011) fundamenta las decisiones del Ministerio de Educación y Ciencia en *«la novedad del enfoque del currículo basado en competencias y en la conveniencia de proceder en tales circunstancias de manera prudente y mediante pasos progresivos. Siendo la primera vez que se establecían y desarrollaban en España unas competencias básicas para la educación obligatoria, el Ministerio de Educación y Ciencia estimó conveniente definirlas de manera global y dejar para fases posteriores la tarea de establecer gradaciones para las diversas etapas educativas»* (p. 68).

Desde la perspectiva de una educación basada en competencias, los currículos deben orientarse para garantizar aquellos aprendizajes funcionales desde un punto de vista personal, social y laboral. Tal como afirma Barnett (2001): *«Cuando hacemos alguna afirmación acerca de las competencias también estamos haciéndola acerca del currículum que deseamos»* (citado por Gimeno, 2008; p. 35). En este orden de cosas, las ventajas de esta perspectiva competencial solo pueden hacerse efectivas cuando se otorga a las competencias un papel curricular preferencial como estructurador del currículo (Pedrinaci, 2012).

A pesar de esta consideración básica algunos autores ponen de manifiesto que, si bien en el anexo I citado se describen las ocho competencias básicas y se analiza la contribución de cada una de las áreas curriculares a la adquisición de aquellas, el proceso muestra una cierta incoherencia en tanto que las competencias básicas no actúan como eje vertebrador, sino que son consideradas un nuevo elemento del currículo que viene a sumarse a los ya existentes: objetivos de etapa, objetivos de área, bloques de contenido, criterios de evaluación y áreas curriculares (Pérez Gómez, 2008; Sierra, Méndez y Mañana, 2013).

La solución adoptada por el Ministerio de Educación y Ciencia comporta la menor de las modificaciones posibles: añadir un nuevo elemento sin sustituir los ya presentes, proceso donde parece quedar algo difuminado el cambio conceptual y metodológico que se pretende con la reforma competencial (Bolívar y Moya, 2007). De esta manera, se produce una nueva incorporación, “algo forzada”, sin que exista una adecuada reestructuración o integración efectiva con el resto de los elementos curriculares, que por otro lado, mantienen una organización tradicional basada en objetivos, bloques de contenido y criterios de evaluación (Bolívar, 2008, 2010; Zabala, 2009b).

De esta manera para Bolívar (2008) *«el principal problema de las competencias básicas es cómo integrarlas con la estructura disciplinar de división por materias o áreas, particularmente en secundaria. Si, al final, los contenidos están enteramente organizados disciplinalmente y son los objetivos de cada área los que marcan la evaluación y orientación en el desarrollo curricular en el aula, las competencias son un aditamento que no contribuye a alterar sustantivamente el currículum»* (p. 18).

Una primera dificultad la encontramos en la propia caracterización de la competencia científica, denominada en el currículo que emana de la LOE competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, algo sesgada y simplista, que se une a una extensa definición no del todo acertada, como se puso de manifiesto en el epígrafe 2.1.2.1.3. (Pedrinaci, 2012).

Otro reto para el profesorado tiene su origen en la escasa coherencia curricular a la hora de incorporar las competencias básicas. Como reflejo de esta circunstancia, la competencia científica –como el resto– se ha tratado de una manera academicista, cuyo desarrollo se asimila a la compartimentalización de las áreas disciplinares de ciencia tradicionales, lo que ha impedido una nueva organización curricular hacia un aprendizaje más funcional (Guarro, 2008).

De esta manera, los “saberes de la competencia” se han identificado con los contenidos científicos propios de estas materias. Esta situación no ayuda al profesorado a resolver el problema de la sobresaturación de los currículos o a orientar la selección de los contenidos necesarios, es decir, a determinar qué deben aprender los estudiantes de la educación obligatoria (Bolívar, 2008).

Pero dada la acumulación de conocimientos incluidos en los bloques de contenido del currículo oficial, ¿cuáles son coherentes con el desarrollo de competencias? En este

sentido, Alba, Elola y Luffiego, (2008) proponen la selección del currículo oficial de aquellos contenidos que contribuyan de manera más adecuada al desarrollo de las competencias básicas, planteando la posibilidad de que determinados contenidos recogidos en los currículos no sean objeto de enseñanza. Por el contrario, Sanmartí (2008) propone identificar y centrarse en aquellos modelos significativos de las ciencias que posibiliten su transferencia a la interpretación de hechos y situaciones diversas.

Otra consecuencia de esta falta de integración se observa en que los elementos curriculares citados “mantienen su peso” en la secuenciación y estructura curricular, y en muchos casos desconectados de la perspectiva competencial que se asume. Es el caso de los objetivos pues mantienen su posición de referente, en muchas ocasiones, de manera independiente de las competencias, creando una duplicidad innecesaria. De la misma manera, esta desconexión resulta evidente en el caso de los criterios de evaluación de las distintas materias científicas de la etapa de ESO, que lejos de proporcionar indicadores del grado de desempeño de la competencia científica, apenas hacen referencia a la misma (Pedrinaci, 2012).

Si la competencia debe servir como referente para organizar la enseñanza, los currículos oficiales (nacionales o autonómicos) no señalan la manera para lograr o desarrollar dicha competencia. Para algunos autores esta circunstancia es un reflejo de las múltiples formas en que puede abordarse el desarrollo de la competencia por parte de los profesionales implicados (Tiana, 2011); para otros, la falta de una definición operativa y la ausencia de referentes complica al profesorado la tarea de concretar en el aula la implementación del trabajo por competencias (Pedrinaci, 2012; Zabala y Arnau, 2007).

En esta línea, una de las deficiencias que más se achacan al modelo de competencia científica que se presenta en los currículos oficiales es la ausencia de una secuenciación, al no existir en los mismos criterios explícitos de secuencia (Pro y Rodríguez, 2010; Zabala y Arnau, 2007). De esta manera, corresponde a los proyectos educativos de los centros integrar de manera práctica las competencias con el resto de elementos curriculares, tarea que debe abordarse desde la premisa de que el desarrollo de competencias básicas requiere un aprendizaje contextualizado y vinculado a los contenidos útiles para dar respuesta a las situaciones problemáticas en las que se plantean (Álvarez, Pérez y Suárez, 2008; Escamilla, 2008; Zabala, 2009a).

Finalmente, y en relación a los contenidos mínimos prescritos en el área de ciencias para la Educación Secundaria Obligatoria, Cañas, Martín-Díaz y Niedo (2007) los han analizado y cotejado minuciosamente con las dimensiones que se contemplan en el desarrollo de la competencia científica por parte del programa PISA, resultando que en términos generales, estas dimensiones científicas están recogidas en los objetivos, contenidos y criterios de evaluación establecidos por la LOE, aunque con cierto desequilibrio. Debe entenderse, por tanto, que se puede conseguir un buen nivel de desarrollo de la competencia científica a partir del tratamiento adecuado de dicho currículo.

2.1.2.4. Enseñanza y aprendizaje de la competencia científica

La incorporación de las competencias a los procesos educativos va mucho más allá que una rediseño de los currículos, pues se concibe como una manera distinta de entender las relaciones enseñanza-aprendizaje (Guarro, 2008). Debemos asumir, que en general, el profesorado parte de una experiencia centrada fundamentalmente en los contenidos declarativos (Hernández, 2006; Pro, 2007). Sin embargo, bajo este nuevo enfoque los contenidos del currículo no son una finalidad en sí mismos sino una herramienta para el desarrollo de las competencias básicas. Se trata, por tanto, de integrar ambos aspectos, competencias y contenidos, de tal forma que el profesorado los conciba no como elementos antagónicos sino relacionados entre sí (Perrenoud, 2008).

En cualquier caso, integrar una enseñanza/aprendizaje de conocimientos con la adquisición y desarrollo de competencias, que pone el acento en el impulso de determinadas capacidades y en la transferencia de los conocimientos aprendidos a otros contextos, requiere prestar atención a múltiples factores: metodologías, recursos, tareas, etc. Este proceso de cambio no resulta sencillo y requiere de la participación activa, y del compromiso, de los distintos agentes de la comunidad educativa (Fullan, 2002; Monereo, 2010).

En primer lugar, y como hemos señalado, nos encontramos con distintas interpretaciones acerca de cómo desarrollar las competencias en el aula, pues no existe una formulación precisa de las mismas en la normativa educativa. En igual forma la existencia de un currículo bicéfalo, con dos referentes para la toma de decisiones en el aula (objetivos y competencias básicas), la ausencia de especificaciones para su desarrollo y la falta de consenso respecto a lo que supone la implementación que conlleva este nuevo enfoque, no ayuda al profesorado a la hora de afrontar el problema real de la enseñanza de competencias en las aulas, incluida la competencia científica (Pedinaci, 2012; Zabala, 2009a).

En este sentido, indica Zabala (2009b) que *«por desgracia, el currículo normativo que ha adoptado la LOE no ayuda demasiado al profesorado, ya que deja en sus manos aquello que no ha sabido o no ha podido resolver. Tenemos un currículo con dos referentes para la toma de decisiones en el centro y en el aula: por un lado, los objetivos de la etapa; y por el otro, las ocho competencias básicas. Competencias que no se especifican, al ofrecerse sólo unos títulos y unos textos acompañados de explicaciones más o menos acertadas. Al problema real de cómo enseñar las competencias se añade en los centros en el de recomponer, por un lado, un currículo bicéfalo y, por otro, el de concretar y desarrollar cada una de las competencias básicas y, a su vez, distribuirlas a lo largo de las etapas»* (p. 7).

Aunque en las finalidades educativas de la LOE se señala la importancia de la adquisición de competencias por parte del alumnado, resulta bastante complicado organizar y desarrollar su enseñanza y, por tanto, existe el riesgo de que las recomendaciones de los currículos no vayan más allá de una declaración de intenciones (Banet, 2010b). Para Bolívar (2008) no basta emplear las competencias para diseñar o planificar el currículo.

lum, ya sea en el nivel oficial, en el del centro o en el del aula; es, sobre todo, preciso entrar en cómo se lleva a cabo en el aula. A esta situación hay que añadir, que dado el carácter transversal de las competencias básicas, estas no quedan vinculadas de manera unívoca a una materia determinada, lo que requiere del consenso y el trabajo organizado de los equipos docentes (Escamilla, 2008).

Entendemos, como agentes implicados, que desde las Administraciones Educativas han de procurarse directivas claras y procedimientos de acompañamiento a centros y profesorado, pues la implementación y desarrollo de este enfoque de competencias requiere de la interacción constante entre las prácticas educativas y la fundamentación teórica. Sin embargo, y a modo de ejemplo, podemos comprobar cómo el desarrollo normativo del currículo en la comunidad andaluza no ha ofrecido orientación alguna al profesorado sobre cómo integrar o desarrollar las competencias básicas, en un proceso de inserción plagado de incoherencias (Bolívar, 2008).

Compartimos con España y Blanco (2015) que es en la práctica educativa donde debemos situar el verdadero eje de acción, en el sentido de que sean los apoyos administrativos y la investigación educativa los que trabajen con y para ella, al objeto de crear una interacción dialógica y sostenible entre la conceptualización y la puesta en práctica de las competencias. De esta forma, con el tiempo, puede ir ganando en consistencia, coherencia y sentido para su verdadera finalidad, que no es otra que mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje (Manzano, 2009).

Para Pérez Gómez (2008) el objetivo prioritario de una enseñanza basada en competencias no es la acumulación de datos aislados e información sino la construcción de modelos mentales, ideas y esquemas de pensamiento como instrumentos operativos que permitan a los estudiantes buscar, seleccionar y utilizar el conocimiento para intervenir en la realidad en los diferentes campos del saber y del hacer. Cuando nos planteamos una enseñanza hacia el desarrollo de competencias debemos tener siempre presente la capacidad de transferir los aprendizajes recibidos en el contexto escolar a otras situaciones cercanas a la realidad. Por eso, lo que se va a enseñar no puede entenderse como un conjunto de contenidos organizados según la lógica tradicional de las áreas disciplinares, sino que la selección, presentación y organización de estos contenidos se realizará según su potencialidad para dar respuesta a situaciones o necesidades reales del alumnado (Zabala y Arnau, 2007).

Zabala y Arnau (2007), a partir del análisis de lo que supone “actuar competentemente” han identificado las características esenciales que debe poseer una enseñanza orientada al desarrollo de competencias, y que pueden agruparse en torno a los siguientes cuatro ámbitos: a) la significatividad de los aprendizajes; b) la complejidad de la situación en la que deben utilizarse; c) el carácter procedimental de las competencias básicas; d) un concepto holístico de la competencia como una combinación integrada de distintos componentes.

No existe actualmente un conocimiento suficientemente elaborado acerca de cómo se aprenden las competencias, aunque sí se dispone de datos suficientes acerca de las con-

diciones generales para el aprendizaje, y en particular, de los distintos componentes que configuran cualquier competencia. De acuerdo con este conocimiento, pueden arbitrarse las condiciones que deben darse en todo proceso de aprendizaje de competencias, y en los que los conceptos de funcionalidad y significatividad son esenciales. De la exigencia del alto grado de significatividad que deben poseer los aprendizajes de las competencias se deducen una serie de condiciones para las actividades de enseñanza planteadas. Entre otras: atender a los conocimientos previos de los alumnos; la selección de contenidos significativos y funcionales; su adecuación al nivel de desarrollo del alumno; que planteen retos abordables; que permitan crear zona de desarrollo próximo; capaces de provocar un conflicto cognitivo y promover la actividad mental; que sean motivadoras y fomenten una actitud favorable, etc.

La actuación competente exige intervenir en situaciones reales, cuya esencia es la complejidad. De esta manera, la complejidad no es solo una circunstancia donde se desarrollan los aprendizajes, sino que debe ser objeto específico de enseñanza para dar respuesta a problemas y situaciones complejas de la vida diaria. Por eso, una actuación competente exige un pensamiento complejo, que comporta no solo conocer los instrumentos conceptuales y las técnicas disciplinares, sino sobre todo, ser capaz de reconocer cuáles de ellos son necesarios para ser eficientes en situaciones complejas y saber cómo aplicarlos de acuerdo a las características específicas de la situación. Se precisa, por tanto, una enseñanza para interpretar las situaciones cotidianas de la realidad y su complejidad, que permita identificar los problemas o cuestiones y la posibilidad de enfrentarse o actuar eficazmente, para la identificación de la información relevante a fin de resolver las cuestiones planteadas, para seleccionar la actuación más apropiada y aplicarla y adaptarla a la singularidades de la situación planteada.

Cualquier actuación competente implica un “saber hacer” lo que exige del dominio de una serie de habilidades, tanto previas a la aplicación de la competencia como inherentes a ella. Para atender a este carácter procedimental será necesario establecer una secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje que atienda al menos a los siguientes factores: las actividades de enseñanza deben partir de situaciones significativas y relevantes que posibilite que el procedimiento aprendido pueda ser utilizado cuando se requiera; debe contemplar actividades que incluyan los modelos de desarrollo del contenido del aprendizaje; que las actividades se desarrollen con un orden que siga un proceso gradual; que contemple actividades variadas; que posibiliten el trabajo independiente, etc.

Finalmente, una acción competente requiere de la aplicación estratégica del esquema de actuación seleccionado, lo que requiere haber aprendido de forma parcial e integrada los componentes que constituyen dicho esquema de actuación. Se muestra necesario que las actividades de enseñanza permitan el aprendizaje, por separado pero sin perder su sentido integrado, de cada uno de los componentes que integra la competencia. Por eso, se deben ofrecer al estudiante actividades adecuadas que pongan de manifiesto las características de cada uno de estos componentes exigidos, aunque comenzando por prestar atención al componente procedimental antes de atender al aprendizaje del resto (factual

y actitudinal). Reflexionan estos mismos autores que *«la dificultad en la enseñanza de las competencias viene dada no solo por su complejidad inherente a las fases y componentes de una actuación competente, sino especialmente por la forma de enseñarlas, ya que implica actividades muy alejadas de la tradición escolar»* (Zabala y Arnau, 2007; p. 130).

En el enfoque por competencias el proceso de aprendizaje adquiere una posición central, y desde esta posición orienta las acciones y recursos educativos, pues el aprendizaje implica a toda la persona a través de sus conocimientos, habilidades, valores, actitudes, hábitos y emociones. En realidad nos estamos refiriendo a los aprendizajes relevantes como propósito de la perspectiva competencial. No es de extrañar que la enseñanza y el currículo se deban organizar para facilitar y estimular el aprendizaje de las competencias (Pérez Gómez, 2008). Ahora bien, que *«las competencias se pueden aprender no quiere decir que se logren aprendiendo algo específicamente ni como consecuencia de tener una experiencia delimitada. Su logro está en función de la condensación acumulada de aprender sobre determinados contenidos, haciéndolo de forma conveniente»* (Gimeno, 2008; p. 35).

La respuesta al problema de la enseñanza de las competencias no estará en introducir nuevos temas en los currículos, sino en la metodología común que deban utilizar todas las áreas para promover las competencias deseadas (Zabala y Arnau, 2007). La pluralidad y flexibilidad metodológicas para atender a la diversidad de personas, situaciones y ámbitos de conocimiento, serían pues rasgos característicos de una enseñanza para el desarrollo de competencias.

Las competencias son aprendizajes y, como tales, se construyen y desarrollan resolviendo las tareas adecuadas en situaciones apropiadas, pues es preciso trabajar la transferencia y la movilización. De este modo, si faltan los recursos a movilizar no hay competencia; pero si los recursos están presentes y no son movilizados de modo útil y consciente, entonces, en la práctica, es como si no existiesen. Acorde con el enfoque de competencias, aprender (know what) y hacer (know how) son acciones inseparables, por lo que los alumnos y alumnas deben aprender en el contexto pertinente (Bolívar, 2008, 2010).

En esta línea, España y Blanco (2015) realizan una síntesis de posibles estrategias recogidas en la literatura para la enseñanza y el aprendizaje de competencias:

- Tener en cuenta las necesidades e intereses de los estudiantes y su ritmo de desarrollo y aprendizaje al planificar las actividades.
- Promover la autonomía en el aprendizaje (aprendizaje personalizado) facilitando que los estudiantes desarrollen consistentemente sus propias formas de ver las situaciones y problemas, asumiendo la responsabilidad de su aprendizaje, con la consiguiente toma de decisiones (Pérez Gómez, 2008).
- Tratar el conocimiento de forma que se evite el dogmatismo y las afirmaciones acríticas.

- Primero las vivencias y después las formalizaciones. Para resaltar el valor operativo de las actividades para entender los problemas y actuar sobre ellos serán necesarias ejemplificaciones ilustrativas aplicadas a la vida diaria.
- Primacía de la actividad como proceso activo (del estudiante) de indagación, de investigación y de intervención.
- Plantear problemas que pongan a los estudiantes en situaciones de desafío, evitando lo obvio, y se vean en la necesidad de buscar el conocimiento adecuado y relevante para identificarlas, entenderlas y afrontarlas.
- Facilitar que los estudiantes puedan plantear nuevas propuestas, problemas, informaciones y focos de interés. Desarrollar la capacidad de leer críticamente la información y de escribir de manera argumentada.
- La cooperación como estrategia, tanto para los componentes cognitivos como para los emotivos y actitudinales. Los problemas reales pocas veces se resuelven por individuos aislados. También será clave poner atención al clima social y a las interacciones emocionales.
- Crear ambientes de aprendizaje que favorezcan la comunicación y el contraste de ideas: exposiciones de trabajos, debates, etc.
- Utilizar como recursos didácticos los medios que los alumnos manejan en la vida diaria para interaccionar con sus amigos: videojuegos, mensajes SMS, redes sociales, etc. El peso de la información no formal a través de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación será cada vez mayor (Elzo, 2009)

Finalmente, para Sanmartí (2008) el desarrollo de la competencia científica en el aula conlleva que el alumnado reconozca para qué le sirve lo que está aprendiendo. Por eso, y como veremos al abordar el segundo elemento teórico (epígrafe 2.2), una estrategia metodológica para promover el aprendizaje de competencias consiste en plantear situaciones de enseñanza relacionadas con situaciones relevantes del entorno del alumnado, esto es, contextualizar la ciencia que se enseña.

No obstante, si el objetivo es promover el aprendizaje de la competencia científica debe adoptarse algunos criterios respecto a qué contextos se muestran adecuados, importante aspecto sobre el que volveremos algo más adelante. Adelantamos, siguiendo a Sanmartí (2008), algunos de los aspectos que pueden guiar esta selección: a) utilización de contextos que se muestren relevantes socialmente; b) que permitan abstraer conocimientos significativos desde la ciencia para su transferencia a la interpretación de hechos y situaciones diversas; y c) que se muestren útiles para la actuación, es decir, para la toma de decisiones de manera fundamentada.

2.1.2.5. Evaluación de la competencia científica

La evaluación de competencias científicas puede verse, de entrada, desde dos perspectivas diferentes: desde el enfoque de los programas de evaluación externa a los centros educativos, o desde el de la investigación e innovación didáctica. En la primera, nos referimos, fundamentalmente, a evaluaciones estandarizadas –como las que lleva a cabo PISA a escala internacional– y a las evaluaciones de los procesos educativos como son las evaluaciones de diagnóstico, tanto en el ámbito nacional (Ministerio de Educación, 2009) como en el autonómico (por ejemplo para Andalucía, véase Consejería de Educación, 2008).

Como sabemos, dichos programas constituyen modelos de evaluación que tienen como finalidades fundamentales el diagnóstico, en un momento determinado, de la situación de amplias muestras de estudiantes, de cuyos resultados se pueden derivar implicaciones educativas de carácter general sobre los sistemas educativos, los currículos, la organización de las enseñanzas, etc. También pueden ser de utilidad para detectar aquellos aspectos de las competencias que requieren de más atención educativa o para disponer de una amplia batería de pruebas de evaluación, pero no para entender cómo desarrollar y evaluar la competencia científica de grupos de estudiantes concretos durante el proceso de enseñanza-aprendizaje (Rodríguez Mora y Blanco, en prensa).

Desde la perspectiva de la investigación e innovación didáctica, que es la que ahora nos interesa, el marco de las competencias todavía no ha dado lugar a investigaciones sistemáticas generalizadas sobre la evaluación, sin duda debido al carácter relativamente reciente de esta línea de fundamentación. No obstante, la literatura al respecto ha ido recogiendo diferentes aspectos a tener en cuenta en la evaluación de competencias científicas (Cañal, 2012c; Pedrinaci, 2012), que vamos a tratar de poner de manifiesto en lo que sigue.

En primer lugar, resulta imprescindible definir con claridad qué pretendemos evaluar. Se trata de un aspecto especialmente relevante ya que existen distintos enfoques sobre cómo entender y caracterizar las competencias científicas, como se han ido poniendo de manifiesto a lo largo del epígrafe 2.1.2.1 de este capítulo, aunque debemos recordar que es la formulación que sobre las competencias científicas realiza PISA la que se toma como referente en este trabajo de investigación.

De la misma manera, resulta importante atender a los distintos elementos que pueden favorecer el desarrollo de competencias científicas por parte de los estudiantes, aspecto que también ha sido objeto de atención explícita en el epígrafe 2.1.2.3. Las competencias científicas incorporan un conjunto de capacidades complejas que relacionan distintos conocimientos, destrezas y actitudes. Por tanto, el desarrollo de estas capacidades requiere ofrecer a los estudiantes situaciones y problemáticas que exijan su puesta en práctica.

En particular, se muestran especialmente adecuadas aquellas actividades de aplicación en las que los estudiantes se enfrenten a situaciones de contexto diferentes a las utiliza-

das en la enseñanza, esto es, no específicamente trabajadas en el aula (Sanmartí, 2009), pues se trata no de realizar tareas concretas sino de utilizar los saberes aprendidos en muy diversos problemas.

Es por ello que una enseñanza para promover el desarrollo de competencias básicas, tal y como ahora demandan los currículos de la educación obligatoria (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006; Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2013), constituye un cambio importante para la generalidad del profesorado en cuanto a objetivos o estrategias de enseñanza. Más aún debemos suponer este cambio respecto a los procesos de evaluación (Sanmartí y Marchán, 2014), más centrados hasta ahora en la reproducción de conocimientos que en su transferencia a situaciones de la vida cotidiana (Cañal, 2012b; Hernández, 2006).

Para Arnau (2009) la evaluación por competencias debe partir de situaciones-problemas más o menos reales y complejas que obliguen al estudiante a intervenir para resolverlas. Esta actuación requiere del manejo de muy variadas actividades de evaluación, parciales o integradas, en las que a partir de diferentes situaciones contextualizadas el estudiante sea capaz de emplear y aplicar el conocimiento aprendido (Cañal, 2012d).

La evaluación del grado de competencia que alcanzan nuestros estudiantes se presenta como un proceso complejo habida cuenta de que las competencias no deben entenderse como algo que se tiene o no se tiene en términos absolutos, no representan estados o logros terminados, sino en permanente desarrollo, como «*estados en proceso de evolución*» (Gimeno, 2008; p. 29).

A este respecto, señalan Sierra, Méndez y Mañana (2013) que «*en sentido estricto, no se enseñan o aprenden competencias, sino que se desarrollan capacidades que hacen, a quien realiza determinadas tareas, ser más competente. La adquisición de competencias es, por ello, gradual, teniendo como consecuencia que la evaluación de una competencia siempre resulta parcial y nunca directamente evaluable. Lo que se puede evaluar son aspectos en los que se puede desglosar (de una forma más general o concreta) una competencia y no esta directamente*» (p. 167).

La mejor estrategia de evaluación es la que utiliza una pluralidad de instrumentos y procedimientos congruentes con el sentido de los procesos de aprendizaje y las finalidades deseadas, como, por ejemplo: ensayos, trabajos y proyectos, observación, portafolio, entrevistas, exposiciones orales, cuadernos de campo, seminarios de debate y reflexión, etc.

Las preguntas para la evaluación de competencias científicas deben formularse de manera sencilla y directa, y deben centrarse en relacionar los contenidos de la enseñanza con las capacidades científicas cuyo desarrollo se pretende (Márquez y Sardá, 2009). No pueden limitarse a la simple reproducción de los contenidos trabajados en clase o a la resolución mecánica de problemas estereotipados (Zabala y Arnau, 2007), sino que deben exigir del alumnado la transferencia de conocimientos para interpretarlas o comprenderlas.

Evaluar el nivel de desarrollo de cada una de las capacidades que definen las competencias científicas requiere de la implementación de tareas adecuadas a las actuaciones que se demandan del alumnado. Por ejemplo, qué cuestiones y qué tareas pueden ser adecuadas para evaluar cómo el estudiante describe o explica científicamente un fenómeno determinado, si es capaz de distinguir cuestiones científicas de otras que no lo son, cómo identifica problemas y sus posibles soluciones basándose en el conocimiento científico, su capacidad para utilizar el conocimientos científico, para formular conclusiones, para buscar y obtener información valiosa, etc. Como se ha mencionado anteriormente, la constatación del grado de desarrollo de estas capacidades debe realizarse a partir del planteamiento de situaciones relevantes del entorno cotidiano que supongan un reto para el estudiante y le obligue a intervenir para solucionarlas (Cañal, 2012c; Cañas y Martín-Díaz, 2010; España, Blanco y Rueda, 2012).

La estimación del avance en el grado de desarrollo de cada una de las competencias científicas puede realizarse en referencia a una serie de indicadores de progresión, lo que supone establecer unos criterios de evaluación claros y precisos, y unos resultados de aprendizaje para cada una de las dimensiones que integran las competencias científicas. Para realizar esta estimación del nivel de progresión está cada vez más extendido el empleo de rúbricas (Goodrich, 2000) como herramientas de evaluación. Se trata de tablas o matrices de valoración que enumeran los distintos indicadores que deben ser tenidos en cuenta, así como los niveles de calidad que pueden alcanzarse para cada uno de estos indicadores.

Si un enfoque competencial de la enseñanza se revela como una nueva oportunidad para la mejora de las prácticas educativas que desarrolla el profesorado en las clases de ciencias (Jiménez Alexandre, 2010), en este sentido debe evolucionar también la manera de percibir la evaluación y las actividades que para ello se plantean. Como se viene poniendo de manifiesto evaluar competencias científicas supone cambiar las estrategias habituales de evaluación que utilizamos en el aula, supone replantear los procesos de valoración, pues deben quedar organizados y definidos para apoyar y facilitar la adquisición, desarrollo y consecución de tales competencias (Avargil, Herscovitz y Dori, 2012; Villar y Poblete, 2011).

Este importante reto requiere también del compromiso y la dedicación del profesorado como agente protagonista, pues los cambios educativos dependen también de “lo que piensan y hacen los profesores”, lo que finalmente se constituye en el tema clave que domina el éxito o fracaso de cualquier reforma o innovación curricular (Mellado, 2011), siendo bien conocidos los múltiples obstáculos y resistencias que aparecen a la hora de llevar a las aulas las innovaciones educativas. Para Monereo (2010) estas dificultades pueden ser de tres tipos: personal, profesional e institucional.

Entre las dificultades de índole personal destacar el coste emocional que supone para muchos profesores cambiar unas prácticas que tienen bajo control y que le dan seguridad, por otras que pueden ponerles en situación de vulnerabilidad. El segundo tipo obedece a dificultades de carácter profesional, y más concretamente a lo que se denomina

en un sentido amplio las competencias profesionales, que englobaría el conjunto de concepciones, teorías y conocimientos que sustentan las decisiones y las prácticas habituales de los profesores, entre ellas las relativas a la evaluación, y que como muestran las investigaciones al respecto, son difíciles de modificar (Mellado, 2001).

Por último, las dificultades de naturaleza institucional son las que en mayor medida parecen mermar el compromiso del profesorado con las reformas educativas, entre las que se encuentran la poca capacidad de participación que se permite al profesorado, el sentimiento de desesperanza, adquirido a través de los años de experiencia, la transitoriedad de las reformas y la falta de condiciones reales para llevarlas a cabo. Entre los factores de esta índole también hay que tener en cuenta los mecanismos presentes en muchas instituciones educativas, comúnmente aceptados, que tienden a minimizar cuando no a evitar y rechazar cambios en las prácticas educativas existentes.

Es evidente que la evaluación de competencias se muestra como un asunto complejo, pero mientras no se avance en este sentido, es difícil que el profesorado esté bien capacitado para ayudar a sus estudiantes a desarrollar sus competencias (Zabala y Arnau, 2007). En relación a lo indicado, consideramos que una estrategia adecuada consistiría en comenzar ayudando al profesorado de ciencias a realizar pequeños cambios, pero significativos, en la forma en la que habitualmente plantea la evaluación del aprendizaje de sus alumnos, si se pretende generalizar y consolidar avances en la enseñanza y evaluación de competencias.

Un primer paso hacia esta transformación podría pasar por revisar la manera en que solemos formular las preguntas a nuestros estudiantes (Márquez y Sardá, 2009): se trataría de ir evolucionado del tradicional “examen de conocimientos”, basado en preguntas mecánicas y reproductivas, hacia otros planteamientos que evalúen desde el “punto de vista de las competencias”. Como afirma Pérez Gómez (2014): *«ojalá las pruebas y exámenes habituales en nuestra escuela imitaran la filosofía de PISA de evaluar pensamiento y no reproducción memorística de datos»* (p. 8).

Como muestra un reciente informe elaborado por la red Eurydice sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en Europa (Euridyce, 2011), a pesar de que los docentes disponen de una amplia gama de métodos y enfoques de evaluación, en la práctica diaria los exámenes escritos u orales destacan entre los métodos más frecuentemente recomendados.

En España, en la práctica educativa no ha calado el enfoque por competencias ni en la enseñanza, ni por supuesto en la evaluación. El profesorado no ha modificado en gran medida sus modelos evaluativos a raíz de la reforma educativa impulsada en 2006 por la Ley Orgánica de Educación (LOE), y refrendada años más tarde por la Ley de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE). Al respecto, Tonda y Medina (2013) consideran que el desconocimiento del campo de las competencias supone una de las dificultades explicadas por los docentes para el ejercicio de la evaluación.

Por todo ello, resulta poco probable que a corto plazo el profesorado, de forma generalizada, abandone los exámenes como instrumento principal, y a veces como único recurso para la valoración del trabajo de los alumnos, a pesar de que su validez y fiabilidad pueden, en muchas ocasiones, resultar insuficientes (Bell, 2007; Rodríguez Barreiro, Gutiérrez y Molledo, 1992).

En cualquier caso, la evaluación condiciona el proceso de aprendizaje, por ello debe concebirse como una herramienta y una ocasión para el aprendizaje. Trabajar en el aula desde el punto de vista competencial conlleva que el alumnado reconozca para qué le sirve lo que está aprendiendo –tanto para las relaciones con actuaciones como por su potencialidad para pensar y hacerse preguntas investigables–, y consecuentemente, qué es lo que se le valora que sabe hacer (Sanmartí, 2008). Otro aspecto clave de la evaluación es la retroalimentación que puede provocar el comentario reflexivo del profesor o de los compañeros sobre el trabajo realizado. Este proceso debe dar paso a la autoevaluación, mediante la cual se puede autorregular los procesos de aprendizaje y actuación.

2.1.2.6. El desarrollo de competencias científicas: un problema abierto

Como se ha mencionado, desarrollar en el aula una enseñanza basada en el aprendizaje de competencias supone una innovación educativa de gran calado y, para algunos autores, una demanda inmediata de investigación. En el ámbito concreto de la Didáctica de las Ciencias Experimentales nos encontramos, como indica Fensham (2007), ante la tesitura de cómo responder al reto que supone el desarrollo de las competencias –si las consideramos como la dirección en la que debe moverse de forma rápida la educación científica– debido, fundamentalmente, a que las competencias se plantean en un plano demasiado genérico y no parecen claras sus conexiones con las áreas y materias escolares (Fensham, 2012).

En el periodo de tiempo transcurrido desde 2006 (año de la irrupción del concepto de “competencia científica” en nuestro país), se vienen realizando diversas aportaciones acerca de lo que implica el concepto de competencia científica en el ámbito de la didáctica de las ciencias (Franco, Blanco y España, 2014). Seguidamente pondremos de manifiesto algunos aspectos de interés.

En primer lugar, debemos referir que para algunos autores la introducción de las competencias en educación no debe ser considerada como una “gran novedad”. Así, por ejemplo, Cañas y Martín-Díaz (2010) apuntan que en la formulación de competencias básicas se incluyen capacidades y contenidos que ya estaban presentes en los currículos de la LOGSE (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 1990), si bien en este nuevo enfoque se enfatiza, sobre todo, la necesidad de ser capaz de utilizar los conocimientos adquiridos en distintos contextos de la vida diaria.

Cañal (2011) considera que el enfoque de competencias «...*salvando algunos aspectos controvertidos sobre su origen y su inconsistente inserción curricular, recoge e integra*

muchas de las principales aportaciones de la didáctica de las Ciencias actual» (p. 38). Sanmartí (2010) lo plantea en términos parecidos indicando que el enfoque competencial del currículum, visto desde el punto de vista educativo, no es ninguna revolución.

En segundo lugar, distintos autores consideran que existen muchos puntos en común entre el enfoque de alfabetización científica y el enfoque de desarrollo de las competencias básicas (Cañas, Martín-Díaz y Nieda, 2007; Sanmartí, 2008), de tal forma que incluso en algunos documentos se llegan a utilizar “competencia científica” y “alfabetización científica” como expresiones equivalentes (Consejería de Educación, 2008; COSCE, 2011).

Recordemos que el programa internacional PISA contemplaba la alfabetización científica como foco de la evaluación en ciencias (Harlen, 2002), previamente a la introducción del concepto de competencia científica que se maneja en las pruebas PISA de 2006, manteniéndose este mismo criterio en las evaluaciones de 2009, 2012 y 2015, respectivamente. Esta situación parece dar a entender que las posibles diferencias entre ambos conceptos no están muy claras.

Teniendo en cuenta estas relaciones podemos entender el fomento de la competencia científica como una forma concreta, aunque no la única, de abordar los planteamientos generales de alfabetización científica y llevarlos a los currículos, a las evaluaciones externas y a las prácticas educativas.

Parece, por tanto, que nos encontramos con un problema similar al que se planteaba con la extensión de los enfoques de alfabetización científica, poniéndose de manifiesto la gran distancia existente entre la investigación e innovación educativas y la práctica real en las aulas (Cañas, Martín-Díaz y Nieda, 2007). Como indica Banet (2010a) aunque es fácil estar de acuerdo con la importancia de la adquisición de estas competencias por parte del alumnado, resulta bastante complicado organizar y desarrollar su enseñanza y, por tanto, existe el riesgo de que las recomendaciones de los currículos no vayan más allá de una declaración de intenciones.

Quizás lo más novedoso de la situación actual es el hecho de que las competencias básicas se han incorporado a los currículos y a los nuevos programas de evaluación de estudiantes de nuestro país en mayor medida que lo han hecho los planteamientos de alfabetización científica. Están teniendo un mayor impacto en las políticas y en la opinión pública y una importante repercusión en los medios de comunicación.

Se puede aprovechar esta situación, en la que la reforma curricular está acompañada por evaluaciones externas a diferentes niveles (autonómico, nacional e internacional) para orientar la enseñanza de las ciencias hacia propuestas que emanan de las innovaciones e investigaciones educativas y contribuir, de esta forma, a su consolidación (Gil y Vilches, 2006; Vilches y Gil, 2010).

2.2. ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASADA EN CONTEXTO: EL TRATAMIENTO DE PROBLEMAS DE LA VIDA DIARIA

Existe una línea de investigación prioritaria en la Didáctica de las Ciencias Experimentales centrada en el estudio de las actitudes del alumnado hacia la ciencia y su enseñanza, que pone de manifiesto cómo el interés de los estudiantes por las ciencias decrece de forma notable y regular a lo largo del periodo de escolarización, y en particular, en la educación secundaria, lo que podría constituir un índice relevante de la ineficacia de la enseñanza de las ciencias para la adquisición de un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes (Barmby, Kind y Jones, 2008; Osborne, Simons y Collins, 2003; Riosseco y Romero, 1997).

Distintas investigaciones en el ámbito educativo internacional muestran que las materias de ciencia, y en especial la física y la química, siguen manteniendo un importante nivel de “impopularidad”, lo que se une a la escasa relevancia, en general, que los estudiantes parecen encontrar en la educación científica, tanto para ellos mismos como para el escenario social donde se encuentran (Holbrook, 2008; Osborne y Dillon, 2008; Hofstein, Eilks y Bybee, 2011).

En esta línea, diferentes informes internacionales tanto de la OCDE (OCDE, 2006c) como de la red europea Eurydice (Eurydice, 2012b), muestran cómo el interés por los estudios de ciencias disminuye de modo significativo entre los jóvenes europeos, y en concordancia, la proporción de jóvenes que estudian ciencia ha disminuido en la última década, incluso en número absoluto en áreas clave como la física o las matemáticas. En principio este hecho se muestra paradójico, pues el bajo interés de los jóvenes hacia la ciencia se topa con el hecho de que más del 80 % de los europeos considera que la ciencia se torna fundamental para mantener la prosperidad de la sociedad futura (Comisión Europea, 2005).

En España es un hecho generalizado el descenso del número de alumnos de la modalidad de ciencias en bachillerato, y más concretamente, en las áreas de física y química (ANQUE, 2005; Solbes, Montserrat y Furió, 2007), así como los que eligen estudios vocacionales superiores relacionados con las ciencias (Pérez, Caldeira y Otero, 2011). Los estudiantes españoles parecen tener una buena imagen general de la ciencia que contrasta abruptamente con una peor percepción de la ciencia escolar, y así estos estudiantes no quieren estudiar para “ser científicos” o no perciben su futuro ligado a profesiones relacionadas con la ciencia o la tecnología. Esta situación parece revelar cierta incapacidad de la ciencia escolar para promocionar una mejor imagen de la ciencia o para generar las vocaciones científicas necesarias en un mundo como el actual (Vázquez y Manassero, 2009).

En la misma línea, Marbà-Tallada y Márquez (2010) han realizado un estudio transversal con estudiantes de 6º curso de Primaria a 4º curso de ESO sobre cómo evoluciona la opinión de estos estudiantes en relación a las clases de ciencias. Los datos de estas autoras muestran que la actitud favorable hacia la ciencia decae a lo largo de la educación

obligatoria, con una ligera recuperación en 3º ESO, y ponen de manifiesto que el “desencanto” en 2º ESO y 4º ESO está relacionado con el contenido curricular de física y química, presente de manera importante en estos cursos, pues cuando los temas estudiados hacen referencia a la biología las actitudes son más favorables.

Otros estudios de esta misma naturaleza en el ámbito nacional constatan, de igual manera, una valoración negativa de las materias de ciencias en la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), siendo la Física y Química una de las peor valoradas, percibida como una materia excesivamente aburrida y difícil, alejada de la vida cotidiana y sin futuro profesional (Solbes, Montserrat y Furió, 2007).

La disminución del interés de los alumnos por la ciencia y su aprendizaje es, sin duda, uno de los grandes problemas de la educación científica, no solo en nuestro país sino a escala internacional (Solbes, 2011). Al respecto, no son pocas las voces que en los últimos años vienen alertando de la preocupante situación en que se encuentra la educación científica en Europa (García Carmona, Criado y Cañal, 2014), y el descenso en el interés de los estudiantes por la ciencia se muestra trascendental tanto desde la perspectiva económica, como personal y social (Pedrinaci, 2006).

Muchos son los estudios que se han ocupado de este tema produciendo detallados análisis del mismo y de las causas que pueden explicarlo, así como de posibles medidas para la mejora, situándose el informe Rocard (Rocard *et al.*, 2007) en el ámbito de la Unión Europea como referente de este tipo de iniciativas, aunque sin olvidar, por ejemplo, el importante informe realizado por la Fundación Nuffield (Osborne y Dillon, 2008).

Según el informe de Rocard *et al.* (2007) las razones por las que los jóvenes no desarrollan interés por la ciencia se muestran complejas: programas sobrecargados, contenidos desfasados y demasiados abstractos, desvinculación con las situaciones cotidianas, percepción de la educación científica como irrelevante, etc. Por otro lado, considera evidente que existe una conexión entre las actitudes hacia la ciencia y la manera en que se enseña la ciencia en primaria y secundaria, y urge a la introducción de cambios sustanciales en la enseñanza de las ciencias (Cervelló, 2009; Rocard *et al.*, 2007). Esta situación ha quedado reflejada, igualmente, por el Eurobarómetro 224 (Comisión Europea, 2005), según el cual solo el 15 % de los jóvenes europeos está satisfecho con la calidad de las clases de ciencias mientras que aproximadamente el 60 %, considera que dichas clases no son suficientemente atractivas.

Una de las hipótesis que explica esta situación es la distancia existente entre el currículo que se ofrece al alumno y el entorno en que éste se mueve, hasta el punto de que el propio alumno tiene serias dificultades para encontrar algún sentido a aquello que se le enseña (Herreras y Sanmartí, 2012). Esta misma idea es apuntada por Marbà-Tallada y Márquez (2010) para quienes: *«El análisis de los datos desde la perspectiva curricular parece indicar que deberíamos reflexionar acerca de la adecuación de los contenidos a los intereses y aptitudes del alumnado, o sobre cómo pueden ser introducidos en clase para conseguir que la mayoría los pueda relacionar con su vida cotidiana, despertán-*

dole el interés y la curiosidad necesaria para avanzar en la propia construcción del conocimiento científico» (p. 27).

La necesidad de dar sentido a lo que se aprende para un mejor aprendizaje del conocimiento científico es una cuestión ampliamente aceptada en la investigación educativa en general (Pérez Gómez, 2008) y en la Didáctica de las Ciencias Experimentales en particular. Ante esta situación se muestra necesario un cambio en el enfoque pedagógico, alejando las clases de ciencia de los aspectos puramente formales y de un currículo que se muestra poco relevante para las necesidades futuras de los jóvenes estudiantes, hacia una ciencia basada en la indagación (Rocard *et al.*, 2006). Entre las posibles estrategias que se han propuesto se encuentran la de contextualizar la ciencia que se enseña (Bennet, Lubben y Hogarth, 2007; Caamaño, 2005; Campbell y Lubben, 2000; Pilot y Bulte, 2006a) o la de construir la ciencia escolar a partir de necesidades contextualizadas (Pro y Rodríguez, 2010), con objeto de mejorar el interés de los estudiantes por su aprendizaje y, por extensión, para el desarrollo de competencias científicas (Cañas y Martín-Díaz, 2010).

2.2.1. ¿Por qué una enseñanza basada en el contexto?

La contextualización de la enseñanza a través de problemas de la vida diaria como apuesta didáctica no debe considerarse una cuestión novedosa, pues desde hace varias décadas los enfoques Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y de alfabetización científica, utilizan los contextos y promueven una visión contextualizada de la ciencia (Jenkins, 2010; Marco, 2002; Membiela, 2002). No obstante, este enfoque didáctico ha adquirido en la actualidad una especial relevancia con la introducción de las competencias básicas en los currículos y, sobre todo, en el programa de evaluación PISA situando de nuevo en el centro de atención la necesidad de tener en cuenta los contextos en la enseñanza; y quizá, como algo más novedoso, en la evaluación (Fensham, 2009; Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011).

En términos generales, podemos decir que una enseñanza de las ciencias basada en el contexto es la que se plantea relacionar la ciencia con la vida cotidiana, actual y futura, de los estudiantes y hacer ver su interés para sus futuras vidas en los ámbitos personal, profesional y social (Caamaño, 2011).

Existen distintas maneras de interpretar el contexto (las aplicaciones de la ciencia y las interacciones entre la ciencia y la sociedad) y de utilizarlo como herramienta didáctica de acuerdo a la función que se le otorgue en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, lo que da lugar a diferentes propuestas sobre cómo desarrollar una metodología basada en contexto (Caamaño, 2005; De Jong, 2008; Gilbert, Bulte y Pilot, 2011).

En un enfoque más tradicional los conceptos de la ciencia preceden al contexto. Se parte de los conceptos para interpretar y explicar el contexto, el cual suele utilizarse para ilustrar o aclarar estos conceptos previamente aprendidos, o como posible aplicación de los

mismos. No obstante, en lo que sigue asumiremos un enfoque más acorde con la investigación actual, donde el contexto constituye el punto de partida para abordar el conocimiento científico. A diferencia del enfoque más tradicional el contexto no es un mero pretexto sino el elemento principal que guía y motiva el aprendizaje. El análisis de las situaciones contextualizadas se convierte en el eje vertebrador para la introducción y “construcción del conocimiento” (Bennett, Lubben y Hogarth, 2007; De Jong, 2008; Herreras y Sanmartí, 2012; Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011).

En esta línea debemos destacar la propuesta de King (2012) acerca de lo que debe entenderse por una metodología centrada en la utilización de contextos como herramienta de enseñanza y aprendizaje: «*Una metodología basada en contextos (MBC) consiste en aplicar la ciencia a una situación del mundo real que se usa como estructura central para la enseñanza. Los conceptos científicos se enseñan a medida que son necesarios para entender mejor la situación planteada*» (citado por Marchán, Márquez y Sanmartí, 2013; p. 64).

La finalidad de este enfoque didáctico no es otra que la de mejorar el interés, la actitud y la motivación de los estudiantes por la educación científica. Como acabamos de indicar el contexto no es únicamente un recurso motivacional para atraer la atención de los estudiantes o un ejemplo de interés para aclarar los conceptos (Jones y Miller, 2001). La investigación educativa sugiere que la estrategia de utilizar contextos relevantes proporciona situaciones favorables para la construcción de un aprendizaje más significativo del conocimiento científico, además de motivar y propiciar actitudes positivas hacia la ciencia; en consecuencia, el contexto se convierte en el vehículo para la mejora de los resultados de aprendizaje y la comprensión de la ciencia (Eubanks, 2008; King y Ritchie, 2012; Ültay y Çalik, 2012).

Para Gilbert, Bulte y Pilot (2011) son varios los objetivos que se pretenden al promover un aprendizaje de las ciencias a partir del análisis de un contexto, entre los que se encuentran, favorecer un aprendizaje más significativo; aumentar la percepción de relevancia e utilidad del aprendizaje de las ciencias; y capacitar al alumnado para la construcción de “mapas mentales” coherentes que relacionen las ideas científicas que va aprendiendo, más allá de los conocimientos puntuales para resolver el problema del contexto seleccionado.

Esta forma de abordar el conocimiento contrasta con el enfoque de enseñanza tradicional donde la incorporación de las ideas científicas precede a su aplicación, y en muchas ocasiones, de manera separada y sin relación aparente. La ciencia escolar suele presentarse como un conjunto lógico y estructurado de conceptos, hechos y teorías cuya importancia no es siempre percibida por los estudiantes. A este respecto, el trabajo desarrollado por Roberts (1982) y revisado y actualizado por Van Berkel (2005), acerca del contenido del currículo de química que se ofrece en las escuelas norteamericanas, muestra cómo no acaba de quedar claro para los escolares participantes los motivos para aprender ciencia: «*Why am I learning this?*» (p. 245).

La importancia que tiene contextualizar el conocimiento de la ciencia es hoy en día ampliamente asumida como una posible vía para superar la brecha entre la ciencia que se enseña en la escuela y la que se necesita para desenvolverse en la vida cotidiana. A diferencia de la enseñanza tradicional, con un exceso de contenido teórico y demasiado centrada en sí misma, este enfoque didáctico “abre la ciencia al mundo real”, y en particular, a las experiencias del mundo cotidiano, de la vida diaria, facilitando la conexión entre teoría y práctica (Fernández y Jiménez Granados, 2014). En relación con lo indicado, Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl (2003) concluyen que la atención de los alumnos en las materias científicas aumenta de forma notable cuando se abordan temáticas que resultan de su interés.

En un enfoque de enseñanza basada en contexto los problemas y situaciones de la vida cotidiana se utilizan no solo para generar un “aprendizaje situado” de la ciencia; sirven también para mostrar al estudiante el importante papel que desempeña la ciencia en la comprensión de los fenómenos científicos y los problemas tecnológicos, así como para crear una mayor conciencia de la presencia de la ciencia en su propia vida, a través, por ejemplo, del reconocimiento de sus aplicaciones en la vida diaria (Gilbert, 2006).

A través de la utilización de contextos adecuados, y en particular los conectados con la vida diaria, el estudiante reconoce la importancia de la ciencia en un mundo como el actual, llegando a considerar la ciencia como un modo de conocer la realidad que nos rodea. De la misma forma la utilización de situaciones basadas en contexto permite a los estudiantes tener una mejor percepción de la relevancia del conocimiento científico y de sus implicaciones en distintos ámbitos (social, económico, medioambiental), y por consiguiente, actuar de plataforma para un aprendizaje más avanzado de la ciencia (King y Ritchie, 2012).

Los enfoques de enseñanza basada en contexto contribuyen de manera importante al desarrollo de tres dimensiones clave: en la preparación de los estudiantes que quieren continuar sus estudios en ciencia e ingeniería (dimensión vocacional); para una mejor comprensión de los fenómenos científicos y superar futuros retos en el ámbito de la ciencia (dimensión personal); finalmente, en la preparación de los estudiantes para que se conviertan en futuros ciudadanos adecuadamente formados para la sociedad en la que viven (dimensión social) (Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman y Eilks, 2013).

El trabajo en contexto genera en el estudiante la necesidad de saber más ciencia –need-to-know principle–, para entender y explicar la situación del mundo real que lo motiva; la utilización de contextos y subcontextos hace al estudiante más consciente de sus conocimientos actuales y los que se precisan para abordar la situación planteada, haciendo intrínsecamente significativo el aprendizaje de la ciencia y facilitando la transferencia del conocimiento científico hacia el mundo cotidiano (Bulte, Westbroek, De Jong y Pilot, 2006; Marchán y Sanmartí, 2015).

Es en la conexión entre conocimiento, actividad y contexto donde se encuentra la fundamentación teórica del enfoque de la enseñanza basada en contexto: el conocimiento es parte y producto de la actividad y del contexto en el que el alumno se desarrolla (apren-

dizaje situado): los conocimientos se construyen usándolos en contextos reales y en situaciones concretas de la vida diaria. Desde esta perspectiva, se logra un aprendizaje de mayor calidad y una mayor y más activa participación en las clases de ciencia cuando los estudiantes desarrollan tareas de aprendizaje que tienen sentido para ellos en un determinado contexto, a la vez que realizan sus propios juicios e interpretación de lo que va ocurriendo (Escaño y Gil de la Serna, 2001; Marchán y Sanmartí, 2013).

Chamizo e Izquierdo (2005) han planteado, sobre esta cuestión, una reflexión desde la filosofía de la ciencia y, así, consideran que los conceptos científicos surgen de situaciones problemáticas y, por lo tanto, requieren de una situación real en la que se aplican y en la que toman sentido. Por tanto, la ciencia siempre se desarrolla en contexto, por la imposibilidad de disociar la explicación del entorno. Desde esta imposibilidad filosófica nace la imposibilidad didáctica de separar lo teórico de lo práctico.

Considerar lo contrario solo tiene sentido desde una postura filosófica en la que la ciencia se considere separada de la sociedad en la que se construye y en la que se manifiesta culturalmente, postura que puede considerarse predominante en los libros de texto. Sin embargo, esta visión fomenta una enseñanza memorística, donde la ciencia se presenta como acumulación de conocimiento, universal y ahistórico, que se formula de manera abstracta y con escasa relación a sus aplicaciones. De hecho, la necesidad de superar la imagen distorsionada que a menudo se ofrece de la ciencia como algo dogmático y cerrado, sin compromiso con la sociedad, se encuentra, de manera importante, en el origen de las propuestas para una enseñanza de la ciencia basada en el contexto.

2.2.1.1. La noción de contexto y sus características. Modelos de contexto

Como otros tantos términos utilizados en educación, y en particular en el campo de la enseñanza de las ciencias, el concepto de “contexto” no puede englobarse en una única definición válida, dado su carácter polisémico, sus diferentes usos e interpretaciones y la dificultad de consensuar una definición que sea útil en los distintos ámbitos de la investigación educativa. Lejos de intentar conseguir una definición técnica y precisa de contexto, quizá debamos asumir que tal definición pueda no ser posible (Durunti y Godwin, 1992).

En el lenguaje no especializado este término suele utilizarse frecuentemente en el sentido de las circunstancias que rodean a un evento, el entorno o escenario de una determinada situación a partir de las cuales se puede interpretar o entender un hecho. Al respecto, el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2014) le otorga, entre otros, los siguientes significados:

1. m. Entorno lingüístico del cual depende el sentido y el valor de una palabra, frase o fragmento considerados.
2. m. Entorno físico o de situación, ya sea político, histórico, cultural o de cualquier otra índole, en el cual se considera un hecho.

Etimológicamente la palabra contexto proviene del verbo latino “contexere” que significa “enlazar, entretejer”, significado que apunta a la interacción que se establece entre acontecimiento y “aquello que lo rodea”. En la enseñanza de las ciencias, esta interacción es interpretada por Finkelstein (2005) como la que tiene lugar entre el contexto y el aprendizaje del estudiante. En consecuencia, para este autor no es adecuado separar el aprendizaje de las situaciones de la vida diaria y del entorno en las cuales dicho aprendizaje tiene lugar. El contexto no es simplemente el escenario donde se produce el aprendizaje, es un elemento clave de dicho proceso, sobre el que ejerce una notable influencia. Así, el contexto estaría moldeado a través de las actividades de los estudiantes, a la vez que dichos estudiantes estarían influenciados por el contexto en el que ocurren los eventos educativos.

En relación con el aprendizaje de la física Finkelstein (2005) identificó en los contextos tres niveles concéntricos necesarios para que pueda darse un aprendizaje eficaz. El primer nivel estaría relacionado con la forma en que se presenta la tarea o problema; el segundo hace referencia a la situación en que se desarrolla la actividad; finalmente, el tercer nivel hace referencia al contexto general donde se crean las circunstancias específicas de la situación particular analizada. Los tres niveles no intervienen de manera separada sino que interactúan y se influyen mutuamente durante la resolución del problema presentado.

A diferencia de la física y otras ramas científicas, en la química no resulta tan sencillo la construcción de significados relacionados con los fenómenos del mundo real (Taber, 2001). No es de extrañar que la enseñanza de la química en contexto haya sido objeto de atención por parte de un buen número de renombrados especialistas (Bennett y Lubben, 2006; Gilbert, 2006; Parchmann *et al.*, 2006; Pilot y Bulte, 2006b; Schwartz, 2006, etc.), llegando incluso a aparecer, en 2006, un número monográfico sobre este tema en la prestigiosa revista *International Journal of Science Education* (volumen 28, número 9, coordinado por Pilot y Bulte).

En relación al concepto de contexto y su importancia en la enseñanza y el aprendizaje eficaz de la química, ha cobrado especial relevancia el trabajo de Gilbert (2006), quien sostiene que el contexto debe entenderse como un episodio o suceso focalizado en un entorno cultural. De esta manera, el contexto engloba el conjunto de factores y de circunstancias que le dan coherencia, y una perspectiva más amplia, a las nuevas situaciones y actividades presentadas a los estudiantes; a través del contexto los alumnos “viven y aprenden” los procesos de la ciencia y el proceso de aprendizaje adquiere un nuevo y más amplio sentido.

Gilbert, Bulte y Pilot (2011) propusieron para los contextos cuatro atributos básicos, que pueden utilizarse como criterios para su selección, pues solo así se obtiene un significado estructurado y coherente para los estudiantes: a) un marco social, espacial y temporal (escenario) donde situar el suceso; b) las acciones (tareas) a desarrollar en relación al suceso; c) la utilización de un nuevo lenguaje específico, pero cercano al estudiante; y

d) el conocimiento científico, relacionando el previo con el que se desarrolla en la situación planteada (conocimiento extrasituacional).

Gilbert (2006) identifica cuatro modelos para el desarrollo de los currículos basados en contexto, de acuerdo a la función que desempeña el contexto en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Son los siguientes –que si bien se describieron en propuestas de química entendemos que son válidos para las ciencias en general–: contexto como aplicación directa de los conceptos; como correspondencia cíclica entre conceptos y aplicaciones; proporcionado por la actividad mental y el contexto como circunstancias sociales

En el primer tipo, el más simple, el contexto consta de una serie de situaciones, que a modo de ejemplos, sirven para ilustrar o aplicar directamente los conceptos previamente enseñados (de manera abstracta), con la finalidad de que los estudiantes los comprendan mejor. En el segundo modelo el contexto se utiliza como vehículo para relacionar los conceptos con sus aplicaciones, pero de forma que estas aplicaciones no son simples ejemplos, pues influyen o matizan el significado de los conceptos utilizados. En el tercer modelo los conceptos físicos se vinculan a modelos mentales que se utilizan para interpretar las situaciones planteadas, si bien la existencia de modelos previos puede interferir en este proceso. Finalmente, el último modelo, entendido como el más adecuado para el desarrollo de enfoques contextualizados, reconoce el contexto como una entidad cultural inmersa en la sociedad, de forma que el aprendizaje ocurre dentro del proceso de interacción entre los alumnos y el profesor, a través de temas que se consideran importantes para la vida comunitaria en sociedad.

De Jong (2008) se refiere a los contextos como las situaciones que pueden ayudar a los estudiantes en el significado de los conceptos, reglas, leyes. De una forma más específica para el ámbito de la química, esta definición se amplía para incluir aquellas prácticas que ayudan a dar sentido a las actividades de laboratorio, si el bien el propio autor admite la amplitud de esta definición y la necesidad de avanzar hacia una mayor precisión del concepto para su utilización en la enseñanza de la química escolar. Para avanzar en esta dirección, De Jong establece cuatro tipos de contextos, de acuerdo al origen de las situaciones planteadas y el papel que representan en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química: 1) de lo personal; 2) de lo social; c) de la práctica profesional; y d) científico-tecnológico. De la misma manera, este autor apunta posibles formas de relacionar los conceptos científicos con cada uno de estos dominios de contexto.

Cada uno de estos contextos se muestra relevante para el estudiante, por lo que cada uno de ellos debería desarrollarse a lo largo del proceso formativo. Los contextos tomados del dominio personal se muestran especialmente relevantes para el propio desarrollo del estudiante contribuyendo a conectar la ciencia con la vida de los estudiantes. Muchos problemas de la vida diaria pueden utilizarse con este propósito; por ejemplo, el contexto del cuidado de la salud podría relacionarse con la ingesta de ciertos productos; el contexto de la ropa puede relacionarse con los materiales y sus propiedades químicas, o el contexto de las lociones corporales que puede utilizarse para conocer las características químicas de las sustancias.

Los contextos tomados del dominio social y de la sociedad se relacionan con la variedad de situaciones en el ámbito de la comunidad en las que pueden aplicarse la ciencia; deben contribuir a preparar los estudiantes en sus roles de ciudadanos responsables y ayudar a clarificar el papel de la ciencia en los problemas sociales, fomentando el interés por las disciplinas científicas. Muchas situaciones de este dominio pueden utilizarse con tal fin, como pueden ser los contextos del cambio climático o los posibles efectos de la lluvia ácida, que pueden conectarse con el conocimiento de distintos tipos de reacciones químicas (ácido sobre metal, neutralización ácido-base, etc.,).

El papel de la ciencia también puede ponerse de manifiesto en relación con el futuro desempeño profesional de los estudiantes, donde cobra relevancia los contextos procedentes del dominio de las prácticas profesionales, que deben contribuir a perfilar el rol de los estudiantes como futuros profesionales. Por ejemplo, las prácticas de laboratorio que desarrollan los analistas químicos pueden relacionarse con temas como la calidad de las aguas, de los alimentos o el control de los fármacos.

Los contextos del dominio científico-tecnológico se muestran igualmente relevantes, dado el importante papel de la ciencia y la tecnología en el mundo actual, y de esta manera, la escuela debería contribuir al desarrollo de la alfabetización científica y tecnológica de los estudiantes. Igualmente, son muchos los contextos que pueden utilizarse para la enseñanza, incluidos aquellos que proceden de la historia de la ciencia. Así, el contexto de los métodos de investigación científica puede ayudar a clarificar los procesos de razonamiento en la ciencia o los contextos de los modelos o teorías de la química pueden utilizar para comprender el desarrollo y evolución de los conceptos de ácido o base. De la misma manera, el contexto tecnológico de las demandas de energía por parte de la sociedad podría relacionarse con los temas del coste energético y las consecuencias del uso ilimitado de las fuentes energéticas.

Finalmente, debe ponerse de manifiesto que un contexto particular puede pertenecer a más de un dominio de origen, esto es puede tratarse desde distintas perspectivas, siendo los contextos basados en el dominio personal y social los más utilizados en las prácticas educativas bajo este enfoque.

Sanmartí, Burgoa y Nuño (2011) proponen una definición más reciente de contexto, que integra los planteamientos más actuales de las investigaciones acerca de este enfoque, y que utilizaremos como referente principal en este trabajo de tesis. Para estas autoras *«el contexto se refiere al análisis de una situación o problema complejo, relevante socialmente y del entorno del alumnado, que se realiza durante un largo periodo de tiempo (semanas). A partir de su estudio se van modelizando conceptos clave necesarios para comprenderlo y para tomar decisiones, interrelacionándolos y organizándolos junto con las experiencias y el nuevo lenguaje que se va generando alrededor de modelos teóricos claves de la ciencia»* (p. 65).

2.2.1.2. Potencialidades y problemáticas de una enseñanza basada en contexto

Numerosos proyectos instruccionales y programas internacionales han incorporado materiales de “ciencia en contexto”. Son ejemplos paradigmáticos de este tipo de iniciativas, el proyecto PLON para el desarrollo del currículo de física en Holanda (Stolk, Bulte, De Jong y Pilot, 2009); los proyectos de la familia SALTERS (biología, física y química) (Campbell *et al.*, 1994), –y su adaptación al currículo español (Grupo Salters, 1997)–; los proyectos norteamericanos Chemistry in the Community (ChemCom) y Chemistry in Context (CiC) (Schwartz, 2006; Schwartz *et al.* 1994); el proyecto alemán Chemie im Kontext (ChiK) (Eilks, Parchmann, Grasel y Ralle, 2004; Parchmann *et al.* 2006); el proyecto Twenty First Century Science (Burden, 2005; Millar, 2006) desarrollado en el Reino Unido, etc.

En todos estos programas han sido frecuentes los contextos y problemas relacionados con la alimentación, combustibles, contaminación, plásticos, agricultura y ganadería, medicina, el agua potable, etc.; esto es, relacionados fundamentalmente con temas de salud, medioambientales, ciencia de frontera, etc., que de acuerdo con Garritz (2010) se muestran particularmente idóneos para un enfoque de ciencia en contexto.

El enfoque basado en el contexto no ha generado únicamente propuestas de enseñanza innovadoras, sino que debe considerarse un campo de estudio e investigación educativa. Desde esta segunda perspectiva existen numerosas evidencias, tanto en el ámbito educativo internacional como nacional, de que una enseñanza de las ciencias basada en contexto, y en particular, la ciencia en contextos cotidianos –la relacionada con nuestra vida diaria– resulta más atractiva y cercana a los intereses de los alumnos y alumnas; ayuda a que el alumnado comprenda el significado de las ciencias a través de situaciones y fenómenos que tienen lugar a su alrededor; promueve un aprendizaje significativo y socialmente relevante; favorece la transferencia del conocimiento escolar al mundo real; fomenta en los estudiantes el desarrollo de habilidades básicas de investigación y una mayor implicación en la resolución de problemas reales (se muestran más competente); aporta una valiosa mejora en los ámbitos de la motivación, las actitudes y el aprendizaje funcional, etc. (Aragón, 2004; Bennett, Lubben y Hogarth, 2007; Caamaño, 2005; Campbell y Lubben, 2000; Costa, 1995; Jiménez Liso, Sánchez y De Manuel, 2002; Ültay y Çalik, 2012).

La mayor motivación que producen estos enfoques parece ser útil tanto para el alumnado de perfil más académico, de modo que se crea un mayor interés por las ciencias y se aumenta el número de alumnos y alumnas que siguen estudiando asignaturas de ciencias cuando éstas no son obligatorias, como para el alumnado menos académico, en el que aumenta su interés por una ciencia más conectada con su vida cotidiana, y se constituyen como estrategias fundamentales para ampliar la alfabetización científica (Caamaño, 2005).

Pero si los resultados de estos programas muestran resultados positivos desde la perspectiva del desarrollo afectivo, existe un mayor desacuerdo desde el punto de vista del desarrollo cognitivo, aunque distintos estudios han mostrado que la comprensión en el

conocimiento y los resultados de aprendizaje a través de estas propuestas son comparables a los enfoques tradicionales (King y Ritchie, 2012).

Como se muestra obvio, ningún enfoque de enseñanza por sí mismo mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje si no va acompañado de los oportunos cambios metodológicos y de la participación activa del profesorado como agente protagonista indispensable (Monereo, 2010). En cualquier caso, en la implementación real han surgido algunas dificultades que explican, en parte, que este enfoque de enseñanza no se haya llevado a cabo a gran escala, resultando frecuente que los materiales de temática contextual se utilicen insertos de manera puntual en programas más tradicionales (Fernández y Jiménez Granados, 2014).

De Jong (2006) ha clasificado estas dificultades en tres ámbitos: en relación a los estudiantes, al profesorado y al contenido curricular, aportando líneas de mejora desde esta triple perspectiva. El principal obstáculo, desde el punto de vista de los estudiantes, tiene su origen en la dificultad de relacionar el contexto con el contenido de ciencia, lo que requiere de una cuidadosa selección de los contextos de introducción que se van a necesitar, aspecto sobre el que volveremos más adelante.

Pero si la selección del contexto no es un asunto baladí, Stolk *et al.* (2006) ponen de manifiesto, que incluso para el profesorado experimentado, se muestra difícil conectar los contextos con el contenido de ciencia (en concreto de química) a enseñar. En este mismo orden de cosas, los contenidos contextualizados se muestran con frecuencia complejos, carecen de la nitidez de los contenidos que se emplean habitualmente en las clases de ciencias, lo que parece dificultar, igualmente, su puesta en práctica en el aula (Jiménez Liso, Sánchez y De Manuel, 2002).

Junto con la falta de estrategias del profesorado para la creación de entornos de aprendizaje basados en contextos, otros obstáculos como el desconocimiento acerca del contenido de estas propuestas, la presión curricular y la percepción del excesivo tiempo que se requiere para su puesta en práctica en el aula, son aspectos que no favorecen el compromiso del profesorado con el desarrollo de estos enfoques innovadores. Un avance en esta dirección requiere según De Jong (2006) de la participación activa del profesorado, además de actuaciones específicas de ayuda, por ejemplo, a través de cursos de formación y la investigación educativa.

En relación con los programas escolares se hace necesario que los contextos ocupen una posición central, aún cuando sin olvidar el contenido de la ciencia. En los currículos tradicionales no se suele conceder importancia a los contextos, por lo que no suelen ser tomados en consideración por estudiantes y profesorado. La mejora pasa por considerar planes de estudios en los cuales los contextos sean el eje para determinar la estructura curricular de las materias de ciencia.

Tras esta primera visión general de los principales obstáculos en relación con el desarrollo de programas de ciencia en contexto, parece oportuno profundizar algo más en algunas de estas cuestiones que se manifiestan de interés desde la perspectiva de la investi-

gación didáctica, y en particular cómo abordar el desarrollo de estos programas en contexto.

2.2.1.2.1. Selección de los contextos

Un enfoque de enseñanza basada en contexto debe contar con un currículo que proporcione un conjunto de contextos útiles a fin de ofrecer situaciones y problemáticas relevantes en orden a apoyar un aprendizaje significativo de la ciencia. Ahora bien, no todas las maneras de trabajar en contexto se muestran útiles ni todos los contextos parecen adecuados (De Freitas y Álvés, 2010). De esta manera, un dilema didáctico importante para el desarrollo de estos enfoques es conseguir que los estudiantes relacionen los aprendizajes escolares con sus contextos personales y sociales, y así, *«asociar los aprendizajes científicos del aula con los problemas y preocupaciones humanas personales y ambientales se convierte, de nuevo, en un reto que merece la pena afrontar»* (Cañas, Martín-Díaz y Nieda, 2007; p. 106).

Se hace necesario, por tanto, una adecuada selección de los contextos y subcontextos para el desarrollo de una enseñanza de las ciencias basada en este enfoque. La identificación de contextos relevantes se muestra como una tarea compleja dada la enorme variedad de contextos basados en problemas de la vida real, y las distintas posibilidades de abordar el conocimiento científico (Ryder, 2001). Algunos autores apuntan la necesidad de contar con especialistas en determinados campos ajenos a la investigación científica y a la docencia, ya que estas personas externas pueden proporcionar ideas que pasan desapercibidas, por estar implícitas, para las personas con una sólida formación científica, como pueden ser los investigadores, los académicos o el profesorado de ciencia (Fensham, 2007).

De Jong (2008) propone algunos criterios de relevancia en el ámbito de la enseñanza de la química, pero que pueden extrapolarse a otras ciencias: que sean conocidos e interesantes para los estudiantes (quizá el contexto de la composición y propiedades químicas de diversos tipos de barras de labios puede no ser un tema interesante para muchos chicos, mientras que plantear un contexto en torno a la construcción de una central nuclear puede no agradar a algunos estudiantes); que no distraigan la atención del estudiante (el contexto se muestra tan interesante que distrae la atención de los conceptos relacionados); que no sean demasiados complicados (pues dificultan que puedan establecerse relaciones adecuadas con los conceptos); y que no confundan a los estudiantes (la temática elegida puede ser confusa ya que los significados en la vida cotidiana no siempre se corresponden con los significados en el ámbito científico).

Para Stuckey *et al.* (2013) la selección de los contextos debe basarse fundamentalmente en el grado de relevancia personal, social o vocacional para los estudiantes, que deben contener situaciones reales y verosímiles.

2.2.1.2.2. Relación entre contexto, conocimiento y aprendizaje

Un primer aspecto a tener en cuenta es la manera de utilizar el contexto, esto es, la función que va a tener dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje lo que determinará, a su vez, la forma de integrar el contexto con los conocimientos científicos. Junto con la selección adecuada de los contextos y subcontextos es necesario que las ideas científicas que se manejen sean suficientemente generales, en el sentido de que se muestren útiles para entender y explicar hechos muy diversos, más allá de los aspectos contextuales planteados (Marchán y Sanmartí, 2015).

La naturaleza de los conceptos objetos de enseñanza es otro factor importante a considerar. Un enfoque contextualizado resulta adecuado para abordar un número importante de conceptos científicos básicos con relevancia social, pero algunas áreas conceptuales son más difíciles de desarrollar en contexto –por ejemplo, el modelo del átomo, el enlace químico o la tabla periódica no son contenidos fácilmente contextualizables en relación con temas de la vida cotidiana– (Caamaño, 2005). Por ello, una buena solución sería, combinar cursos de enseñanza de las ciencias basada en el contexto con otros cursos de carácter más conceptual y más aplicado. La proporción de cada uno de estos cursos estaría en función de la etapa educativa y de las opciones tomadas por los estudiantes.

Otra problemática surge en la relación que se establece entre el contexto y el contenido científico, y que suele conocerse como “fricción didáctica”. Un problema contextualizado conlleva muchos contenidos científicos necesarios para su resolución y comprensión, por lo que la dificultad estriba en su adecuada selección. Al respecto, Kortland (2007) analiza algunas propuestas didácticas del proyecto PLON –para la enseñanza de la física en contexto– antes citado, encontrando que no se muestra clara la conexión entre las situaciones del contexto y el aprendizaje de los conocimientos de ciencia.

Al secuenciar los contenidos a través del contexto puede no quedar bien definida la transición entre el motivo e interés del contexto elegido con la selección de los contenidos para aprender ciencia, donde en ocasiones, no todos se muestran necesarios para analizar o comprender la situación planteada, o se presentan con un nivel de profundidad muy superior al requerido, pudiendo la contextualización quedar relegada a ejemplificar la aplicación de los mismos. En otras palabras, al tratar de integrar el contexto con el contenido de ciencia, muchas de las ideas que se enseñan no son necesarias para interpretar la situación, resolver el problema o tomar las decisiones adecuadas (Acher, Arcá y Sanmartí, 2007; Marchán y Sanmartí, 2015).

Una alternativa para lograr aprendizajes más significativos, a través de un adecuado equilibrio entre contexto y contenido, pasa por considerar el contexto no solo como una situación cotidiana para conectar con el conocimiento, sino para desarrollar el currículo de ciencias a través de lo que viene conociéndose como “prácticas auténticas”, lo que implica no solo la aplicación sino la construcción del conocimiento a partir de las situaciones planteadas. En este caso, lo que se pretende es utilizar el contexto para resolver un problema específico relevante a partir de un procedimiento integral de resolución que

englobe tanto el propio conocimiento, como los procedimientos, habilidades, actitudes, etc., (Marchán y Sanmartín, 2014, 2015).

Otro punto débil pivota en torno a la diversidad de contextos posibles y el conocimiento asociado. De esta manera, las ideas científicas que se van introduciendo pueden llegar a ser muy diversas sin que exista una relación explícita entre ellas, lo que puede dificultar que los estudiantes construyan lo que Gilbert (2006) denomina “mapas mentales coherentes”, esto es, que el estudiante tenga dificultades en reconocer la funcionalidad del nuevo conocimiento más allá de la situación planteada

Desarrollar la ciencia a partir de situaciones contextualizadas requiere, de forma lógica, introducir los contenidos necesarios para conocer y describir las situaciones del contexto; pero junto con lo indicado, se muestra preciso analizar la potencialidad del contexto para construir conocimiento clave de ciencia y sobre ciencia.

En particular, la contextualización debe ayudar al estudiante en el proceso de aprendizaje de los modelos teóricos requeridos, que a su vez cobran sentido en la explicación de aspectos del propio contexto y en la predicción de otros muchos. Desde esta perspectiva, interesa no tanto el conocimiento concreto, sino la elaboración de modelos teóricos más generales que posibiliten al estudiante su aplicación en muy diversas problemáticas, aunque la construcción de tales modelos no resulta tarea sencilla, pudiendo requerir incluso la utilización de varios contextos o problemáticas (Chamizo, 2013).

La secuenciación de los conceptos es otro aspecto objeto de debate. Como indica Caa-maño (2005) los enfoques de enseñanza basada en el contexto ofrecen la oportunidad de poder revisar y profundizar en determinados conceptos, en la medida en que aparezcan en diferentes contextos a lo largo del curso, pero también implica una presentación más fragmentada de los mismos. Los más escépticos respecto a este enfoque de enseñanza consideran que ello puede repercutir negativamente en el aprendizaje de los conceptos científicos, mientras que los partidarios de ellos realzan las virtudes del currículo en espiral y el efecto positivo de la mayor motivación que producen para el aprendizaje de tales conceptos.

Finalmente, otro problema que suele asociarse con un enfoque de ciencia en contexto es el de la transferencia, entendida como la capacidad de utilizar el conocimiento aprendido en una situación particular en otros contextos diferentes. De esta manera, si el conocimiento científico se “ha construido” en relación a una determinada demanda, para la que tiene pleno sentido, se muestra necesario que el estudiante sea capaz de aplicarlo en la interpretación de otras situaciones muy diferentes. Este es, sin duda, uno de los retos más importantes a los que tiene que enfrentarse este enfoque de enseñanza (Gilbert, Bulte y Pilot, 2011; Marchán y Sanmartí, 2013).

2.2.2. El uso de contextos y el desarrollo de la competencia científica en la enseñanza de las ciencias

El “enfoque basado en el contexto” es una de las características de la enseñanza de tipo competencial (Herreras y Sanmartí, 2013). Desde una visión competencial del aprendizaje se persigue, entre otros fines, el de afrontar satisfactoriamente la resolución de problemas y tareas en una amplia variedad de situaciones y contextos.

Las situaciones del mundo real planteadas como contextos incluyen problemas que pueden afectarnos a tres niveles (Gutiérrez, 2006): como individuos (por ejemplo, la alimentación, la sexualidad, la práctica deportiva o el empleo de la energía); como miembros de una comunidad local (por ejemplo, el tratamiento del agua o la ubicación de una central eléctrica) o como ciudadanos del mundo (por ejemplo, el calentamiento global o la disminución de la biodiversidad). Todas estas cuestiones demandan un análisis sosegado y una toma personal de decisiones, en los que tienen un papel importante los conocimientos científicos, habilidades, actitudes, valores, disposición para la acción, etc.

Demostrar la competencia en situaciones reales pone a los contextos en el primer plano de la reflexión educativa, aspectos claves que han sido recogidos en distintos documentos institucionales, como los elaborados por la OCDE para el marco de evaluación en ciencias que desarrolla el programa internacional PISA (OCDE, 2006a, 2009, 2012). La evaluación externa de los rendimientos educativos que desarrolla PISA va más allá de conocer los contenidos del currículo, para medir cómo los estudiantes utilizan lo que han aprendido en situaciones usuales de la vida cotidiana, esto es, en determinar competencias complejas en contextos auténticos (Yus *et al.*, 2013). Debemos recordar que la OCDE, organismo que elabora el programa PISA, concibe la competencia como un concepto holístico que integra las demandas externas, los atributos personales y el propio contexto (Gimeno, 2008).

El programa PISA ha puesto los problemas y situaciones de la vida diaria en el centro de la atención de la actividad educativa, tal y como se ha venido planteando reiteradamente en la Didáctica de las Ciencias Experimentales, con objeto de lograr una mayor implicación e interés de los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias. En este sentido, y tal como hemos planteado anteriormente, el enfoque de enseñanza basado en el contexto (Pilot y Bulte, 2006a) puede ser adecuado para esta finalidad.

En el marco teórico que maneja PISA no se entiende el desarrollo de competencias científicas si no se utilizan situaciones reales y significativas del alumnado, de ahí que los contextos de aplicación pasen a formar parte importante del modelo de evaluación de dichas competencias. En concreto, en su informe del año 2006, PISA en ciencias dedica un apartado específico a analizar las “situaciones y contextos” en los que se aplican los conocimientos y los procesos científicos, desde la premisa de que no se evalúan los contextos, sino las competencias científicas, el grado de asimilación de los conocimientos y las actitudes que han adquirido los alumnos y alumnas al llegar al final de su etapa de educación obligatoria (OCDE, 2006a).

En PISA “la situación” se define «*como la parte del universo del estudiante en que se sitúan las tareas que se han de realizar*» (OCDE, 2006b; p. 27), mientras que “el contexto” alude al «*marco concreto en que se presenta una determinada situación. En él se incluyen todos los pormenores empleados para formular la pregunta*» (OCDE, 2006b; p. 2).

Las tareas de evaluación del área de ciencias que propone PISA no se limitan a las situaciones propias del entorno escolar, sino que se presentan enmarcadas, tal como hemos dicho, en situaciones y problemas comunes de la vida real que se eligen atendiendo a su relevancia para los intereses de la vida de los estudiantes. Además deben ser lo más variadas y auténticas posibles y deben reflejar la complejidad de la realidad presentada. De esta manera, la utilización de múltiples y diversos contextos puede ayudar a promover en los estudiantes una visión interdisciplinar de las ciencias.

Para este fin se utilizan fundamentalmente situaciones centradas, por un lado, en cinco grandes ámbitos en los cuales se muestra relevante una adecuada alfabetización científica: salud, recursos naturales, medio ambiente, riesgos y fronteras de la ciencia y la tecnología; y, por otro, en tres niveles de relevancia o contextos: personal (relacionadas con el yo, la familia y los grupos de compañeros), social (en relación a la comunidad) y global (a escala mundial), como se muestran en (véase tabla 2.11).

	Personal (yo, familia y compañeros)	Social (la comunidad)	Global (la vida en todo el mundo)
Salud	Conservación de la salud, accidentes, nutrición.	Control de enfermedades, elección de alimentos, transmisión social, salud comunitaria.	Epidemias, propagación de enfermedades infecciosas.
Recursos naturales	Consumo personal de materiales y energía.	Manutención de poblaciones humanas, calidad de vida, seguridad, abastecimiento energético, fabricación y distribución de alimentos.	Renovables y no renovables, sistemas naturales, crecimiento demográfico, uso sostenible de las especies.
Medio ambiente	Comportamientos respetuosos con el medio ambiente, uso y desecho de materiales.	Distribución de la población, eliminación de residuos, impacto medioambiental, climas locales.	Biodiversidad, sostenibilidad ecológica, control demográfico, generación y pérdida de suelos.
Riesgos	Naturales y provocados por el hombre, decisiones sobre la vivienda.	Cambios rápidos (terremotos, rigores climáticos), cambios lentos y progresivos (erosión costera, sedimentación), evaluación de riesgos.	Cambio climático, impacto de las modernas técnicas bélicas.
Fronteras de la ciencia y la tecnología	Interés por las explicaciones científicas de los fenómenos naturales, aficiones de carácter científico, deporte y ocio, música y tecnología personal.	Nuevos materiales, aparatos y procesos, manipulación genética, tecnología armamentística, transportes.	Extinción de especies, exploración del espacio, origen y estructura del universo.

Tabla 2.11. Contextos de la evaluación en ciencias según PISA (tomado de OCDE, 2006b).

En algunas ocasiones, no obstante, se recurre también a otro tipo de situaciones –por ejemplo, tecnológicas o históricas–, o áreas de aplicación a través de las cuales se puede evaluar el grado de comprensión de los avances del conocimiento científico. Se trata de una serie de áreas en la que la competencia científica resultará de gran valor para los individuos y las comunidades para mejorar y mantener los niveles de calidad de vida y desarrollar políticas públicas.

En cuanto a los contenidos científicos PISA aboga por utilizar aquellos contextos que conlleven la utilización de variedad de conocimientos, de manera interrelacionada e interdisciplinar. Por otro lado, mostrará un mayor grado de competencias científicas aquellos estudiantes capaces de aplicar el conocimiento científico en contextos complejos, variados y poco conocidos; mientras que el menor nivel de rendimiento estará relacionado con la aplicación del conocimiento a unos contextos sencillos y conocidos por los estudiantes (Marchán y Sanmartí, 2013).

El marco de la evaluación en ciencias de PISA recoge muchas de las aportaciones que se han venido haciendo desde la didáctica de las ciencias en las últimas décadas (el desarrollo de habilidades cognitivas, de conocimientos de ciencia y sobre la ciencia y de actitudes). En concreto, las tres competencias científicas que conforman el componente central de la evaluación en PISA, constituyen aspectos importantes para que los ciudadanos puedan desenvolverse en la vida diaria en multitud de problemas y situaciones en los que están involucrados la ciencia y la tecnología (OCDE, 2006a, 2009, 2012).

Pero si abogamos por el tratamiento de problemas o situaciones de la vida diaria como eje para desarrollar de forma más efectiva la enseñanza de las ciencias, aunque ello no excluye que puedan desarrollarse otros planteamientos igualmente válidos, la pregunta ahora sería si este enfoque de enseñanza se muestra también útil para ayudar a los estudiantes a desarrollar sus competencias científicas. Esta respuesta requiere disponer de datos obtenidos en la evaluación de programas y/o unidades desarrollados e implementados con esta finalidad.

Ahora bien, la contextualización del aprendizaje en problemas reales supone un reto para una enseñanza que tradicionalmente se ha mantenido lejos de este enfoque y más cerca de una concepción academicista que valora la reproducción y no la transferencia a situaciones de la vida cotidiana (Hernández, 2006). No obstante, están comenzando a aparecer trabajos específicos sobre la enseñanza de la competencia científica (véanse, por ejemplo, Jiménez Alexandre, 2009, 2010 y Pro y Rodríguez, 2010) en los que se contempla la importancia de los problemas de la vida diaria.

Como se ha dicho, la contextualización de la enseñanza como el desarrollo de la competencia científica son tareas complejas. Podemos abordar esta complejidad si prestamos atención, tanto en el diseño como en el desarrollo de la enseñanza, a determinados aspectos como los que se indican a continuación (Blanco, España y Rodríguez Mora, 2012):

- a) La identificación y utilización de aquellos contextos de la vida que se consideren relevantes para la adquisición y aplicación de competencias científicas.
- b) La definición del papel que va a tener el contexto en la secuencia de enseñanza-aprendizaje.
- c) La influencia del contexto en la selección de los elementos que integran las distintas competencias científicas.
- d) La relación entre los contextos y la evaluación de competencias científicas.

En el seno del proyecto de investigación donde se enmarca esta tesis –COMPCIEN 10-16– (Blanco, España y González, 2010), se han propuesto distintas propuestas metodológicas para integrar problemas de la vida diaria desde un enfoque de ciencia en contexto. En concreto, se vienen analizando contextos relacionados con el uso de drogas; alimentación y consumo; actividad física y salud; sexualidad; medio ambiente y sostenibilidad; medios de comunicación, etc. La incorporación de situaciones y problemas para su tratamiento didáctico en el aula se viene realizando conforme a los siguientes criterios de selección: que sean relevantes en la vida diaria; que formen parte del entorno cultural del alumnado; que permitan captar su interés; y que permitan su tratamiento didáctico en el aula (España, Blanco y Rueda, 2012).

Teniendo en cuenta la vinculación de las competencias con la vida diaria, consideramos que los problemas procedentes del contexto deben constituir el eje central que guíe y estructure el proceso de enseñanza-aprendizaje (Blanco, España y Rodríguez Mora, 2012). En esta misma línea, Jiménez Aleixandre (2010) plantea que el currículo debe organizarse en torno a problemas o actividades auténticos. Las situaciones reales y los problemas auténticos implican fenómenos complejos que requieren aproximaciones interdisciplinarias, científicas, técnicas, éticas y artísticas (Bolívar, 2010). Los problemas que se planteen deben formar parte del entorno cultural de los estudiantes para captar su atención y deben ponerles en situaciones de desafío, evitando lo obvio, de forma que se vean en la necesidad de buscar el conocimiento adecuado y relevante para identificarlos, entenderlos y afrontarlos (Bolívar, 2010; Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011).

Otras características que ayudan a identificar estos problemas se refieren a: que sean controvertidos, como es el caso de los problemas socio-científicos (España y Prieto, 2010); que se asocien con ideas o creencias arraigadas en la sociedad y que se hayan identificado sobre ellos carencias o ideas erróneas en el alumnado.

Consideramos que sigue siendo una cuestión pendiente para el profesorado ejemplificar en tareas de aprendizaje concretas el desarrollo de las competencias científicas (Garrido y Couso, 2013). El grado de concreción, la organización y la formulación de las competencias científicas presentadas en PISA facilitan llevar a cabo esta tarea, en particular, para un profesorado que se inicia en un enfoque de enseñanza para el desarrollo de competencias.

2.3. DISEÑO Y VALIDACIÓN DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS COMO CAMPO DE INVESTIGACIÓN

Desde una perspectiva *a priori* mejorar la práctica educativa significa prever, planificar o diseñar qué deseamos o pretendemos y por dónde queremos que discurra la acción educativa. Planificar la intervención educativa requiere tomar una serie de decisiones referidas tanto a las intenciones como a los medios para llevarlas a cabo (Giné y Parcerisa, 2009). Siguiendo a Pro y Saura (2007) entendemos que *«la planificación cuando deja de ser una mera exigencia administrativa, puede constituir procesos –personales y colectivos– de reflexión y de toma de decisiones en los que se integran los conocimientos científicos y los pedagógicos, la experiencia profesional, las creencias y los planteamientos ideológicos del profesorado»* (p. 39).

Un elemento clave de la intervención educativa que lleva a cabo el profesor en el aula, tanto para planificar como para analizar la práctica, lo constituye la secuencia didáctica (Giné y Parcerisa, 2009). Otras expresiones como unidad didáctica, secuencias formativas, secuencias educativas, o más recientemente, secuencias de enseñanza-aprendizaje hacen referencia a esta importante herramienta educativa, por lo que las usaremos indistintamente y con un significado equivalente, como ya se indicó en el capítulo de introducción a esta memoria de tesis.

Desde esta perspectiva, una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) es un documento para la planificación específica de las situaciones de enseñanza y aprendizaje correspondiente a un tema o contenido disciplinar concreto (Couso, 2011).

Izquierdo y Aduriz-Bravo (2003, citado por Merino *et al.*, 2015) se refieren a las secuencias de enseñanza y aprendizaje como el conjunto de actividades organizadas y sistematizadas con el fin de abordar y resolver un problema científico a nivel curricular.

Tobón, Pimienta y García (2010) conciben las secuencias didácticas como conjuntos articulados de actividades de aprendizaje y evaluación que, con la mediación de un docente, buscan el logro de determinadas metas educativas, considerando una serie de recursos.

Como herramienta básica de planificación del proceso de enseñanza y aprendizaje, la SEA representa la concreción en el aula del trabajo del profesor. En este sentido debe ofrecer respuestas a cuestiones tan importantes para el docente como qué contenidos concretos enseñar, en qué contexto, con qué objetivos, en qué orden, de qué forma se llevan a cabo y evalúan las actividades que se realizan, etc., además de incluir los materiales y recursos que se van a utilizar (Couso, 2011). Asimismo, debe entenderse como una forma de abordar la planificación y el diseño de los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula (Méheut, 2005). Pero siendo un importante instrumento para la planificación educativa, no es única ni exclusivamente esto, y esta cuestión se viene también abordando en los últimos años desde una nueva perspectiva que presentaremos en el siguiente epígrafe.

2.3.1. Las secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) como marco para la investigación educativa

Las secuencias didácticas no solo constituyen herramientas básicas para la planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje, como hemos indicado, sino que desde la década de los años 80 del pasado siglo su diseño e implementación constituyen también un importante campo de, y para, la investigación educativa.

Duit (2006), basándose en los trabajos previos de Jenkins (2001), caracteriza dos importantes tradiciones en la investigación y el desarrollo de la enseñanza de las ciencias a lo largo de los últimos 30 años, a las que denomina, respectivamente, enfoque orientado hacia la ciencia y orientado hacia el estudiante. En el primero, la atención se focaliza en la mejora directa de la enseñanza de las ciencias: podríamos imaginar el avance de esta línea de trabajo a partir de grupos de investigadores cercanos a un campo disciplinar particular que centran su atención no solo en la práctica docente, sino que su mayor énfasis se sitúa en los problemas relacionados con los contenidos y la elaboración de nuevas propuestas didácticas, quedando en segundo plano las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. Por el contrario, la tradición de investigación orientada hacia el alumno enfatiza las necesidades de los estudiantes y la mejora de los ambientes de aprendizaje, pasando a un segundo plano los aspectos relacionados con el estudio de la ciencia.

Según Duit (2006) asistimos a una falta de equilibrio entre la vocación científica de la práctica educativa, por un lado, y las necesidades de los estudiantes y los procesos de aprendizaje, por otro. Sin embargo, debemos considerar que el auténtico progreso en la comprensión y el aprendizaje de la ciencia solo será posible desde la integración de ambas perspectivas parciales de investigación. Por eso, y siguiendo a autores como Fensham (2000), se precisa investigar en la enseñanza y los procesos de aprendizaje para repensar los contenidos de la ciencia en términos de problemas y reconstruirlos desde el punto de vista educativo. En la misma línea se manifiestan Dahncke *et al.* (2001), para quienes la brecha entre las dos tradiciones mencionadas dificulta el progreso que se necesita en la enseñanza de las ciencias como campo de investigación.

En esta orientación “integradora” u holística se sitúa la elaboración de lo que viene denominándose, con cierto consenso internacional, secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) (teaching-learning sequences o TLS por sus siglas en inglés). Entendemos, por tanto, que el diseño de una SEA como propuesta de intervención educativa, permite fusionar ambos puntos de vista, el disciplinar (centrado en la ciencia) con el del estudiante, a fin de mejorar la práctica educativa (Psillos y Kariotoglou, 1999); o en otros términos, para denotar la estrecha vinculación entre el diseño de la enseñanza con el aprendizaje esperado del estudiante (Linsje, 1995; Méheut y Psillos, 2004).

Existe un importante número de estudios que muestra cómo el aprendizaje de conceptos científicos por parte de los estudiantes puede mejorar con base en el desarrollo de SEA basadas en la investigación, o cómo a partir de la investigación educativa en torno a las

SEA se aportan propuestas para la mejora de la enseñanza de algunos tópicos de ciencias (Leach y Scott, 2000). En este sentido, el diseño y evaluación de SEA basadas en la investigación pueden constituir una forma natural de acercar la investigación educativa al aula de ciencias (Méheut y Psillos, 2004).

La importancia de las SEA como campo de investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales en la escena internacional queda definitivamente puesta de manifiesto tras la publicación, en 2004, de un monográfico sobre este tema en la reconocida revista *International Journal of Science Education* (volumen 26, número 5, coordinado por Méheut y Psillos).

Méheut y Psillos (2004) contemplan la SEA como un paquete de intervenciones curriculares, que constituye tanto una actividad de investigación (prueba unas actividades y el diseño) como un producto (los resultados de aprendizaje previstos). Así, una SEA incorpora actividades instruccionales basadas en la investigación educativa con el propósito de ayudar a mejorar la comprensión del conocimiento científico por parte de los estudiantes. La inclusión de investigación educativa en el diseño de la SEA se orienta a interrelacionar el contenido disciplinar con los intereses y perspectivas de los estudiantes.

Desde esta reciente y más extensa perspectiva, el concepto de SEA engloba aquellas propuestas didácticas que constan de un conjunto articulado de actividades de enseñanza y aprendizaje basadas en la investigación, probadas y adaptadas al nivel evolutivo y a las pautas de aprendizaje esperadas de los estudiantes (Buty, Tiberghien y Le Maréchal, 2004).

De acuerdo a lo indicado, la SEA puede caracterizarse como un instrumento dual, pues involucra el desarrollo de objetivos específicos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de un tema particular de ciencias con cierto grupo de estudiantes (desarrollo del currículo a través de actividades suficientemente fundamentadas en la investigación y adaptadas a los estudiantes y teniendo en cuenta posibles itinerarios de aprendizaje), con el desarrollo de investigación educativa acerca de la intervención en el aula (Méheut y Psillos, 2004).

En otras palabras, la SEA representa un producto soportado en los resultados de la investigación didáctica, tanto de las concepciones de los estudiantes como de los contenidos de ciencia, a la vez que el propio diseño, implementación y validación de la misma constituyen contextos para el desarrollo de investigación educativa acerca de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia (DBRC, 2003; Méheut y Psillos, 2004), e incluso, como un campo de investigación suficientemente relevante para modificar los procesos de enseñanza y aprendizaje (Linjse, 2000).

Por su carácter dual representan herramientas, tanto para la innovación en la gestión de problemas específicos de aprendizaje como para la investigación, que pueden contribuir al acercamiento de los docentes con los resultados de la investigación en enseñanza y

aprendizaje de la ciencia, contribuyendo de esta forma a disminuir la brecha entre la práctica y la teoría educativa (Leach *et al.* 2005; Méheut y Psillos, 2004).

2.3.2. Las SEA en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Modelos para su diseño y elaboración

Un buen diseño didáctico es aquel que mejor responde a las necesidades diversas de los estudiantes (Sanmartí, 2002), aún sin olvidar que el diseño de secuencias de enseñanza es una actividad compleja debido a la relación entre el conocimiento, el aprendizaje y la enseñanza, sin olvidar la institución en la que la enseñanza y las actividades de aprendizaje se desarrollan, ni los medios para llevarlas a cabo (Buty, Tiberghien y Le Maréchal, 2004).

Las investigaciones en educación desarrolladas en las últimas décadas han contribuido a desarrollar un marco teórico sólido, así como una serie de herramientas metodológicas, para el diseño de SEA con un interés constante por este producto a escala internacional en el campo de la enseñanza de las ciencias (Viiri y Savinainen, 2008). Para el diseño de SEA para la enseñanza de las ciencias se vienen utilizando distintos marcos teóricos, siendo quizá dos de ellos los más ampliamente utilizados, al menos en el ámbito de las didácticas específicas en Europa: el modelo de reconstrucción educativa (Duit, 2006) y el modelo de la demanda de aprendizaje (Leach y Scott, 2002).

Ambos modelos para la planificación de SEA mantienen puntos de encuentro y similitudes. Ambos parten de una visión constructivista del aprendizaje acerca de por qué y para qué aprender ciencias, aunque se inspiran en teorías sobre el aprendizaje distintas. Son, por tanto, distintas aproximaciones al diseño de secuencias desde supuestos teóricos bien diferentes. Seguidamente, presentaremos una breve revisión de cada uno de estos marcos teóricos.

2.3.2.1. El modelo de reconstrucción educativa

Este marco de referencia surge de la necesidad de equilibrar las cuestiones relacionadas con los contenidos de la ciencia y los problemas educativos, para contribuir a la mejora en su comprensión y favorecer la alfabetización científica de los estudiantes. De igual forma, puede ser empleado para estructurar los esfuerzos educativos del docente, así como marco de referencia para el desarrollo de investigación acerca de la enseñanza de las ciencias (Duit, 2000, 2006; Duit, Gropengiesser y Kattmann, 2005).

El modelo de reconstrucción educativa para el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje se basa en la tradición educativa alemana de *didaktik* cuya idea central es la de “transposición”, es decir, la necesidad de transformar el conocimiento disciplinario específico en un conocimiento apto para ser enseñado y poder, por tanto, contribuir a la formación científica de los estudiantes. La estructura conceptual de un campo específico

del conocimiento científico (contenido científico) tiene que ser transformada en una estructura apta para su enseñanza (el contenido a enseñar).

Ambas estructuras son radicalmente diferentes: el contenido científico debe ser simplificado para hacerlo accesible a los estudiantes y enriquecido ubicándolo en contextos adecuados, donde cobre sentido para el aprendizaje. Debemos entender que la estructura del contenido a enseñar es mucho más compleja que la del contenido científico, ya que ha de tener en cuenta no solo la disciplina sino también las necesidades de los estudiantes. Siguiendo a Duit (2007) se muestra necesario *«integrar el conocimiento científico abstracto en contextos que tengan en cuenta las potencialidades y dificultades para aprender de los aprendices»* (citado por Couso, 2011; p. 60).

El aspecto básico que guía el diseño de la SEA bajo este modelo teórico es la problematización del contenido de instrucción (el contenido a enseñar y aprender), a través de la combinación de tres características clave estrechamente interrelacionadas: el análisis educativo de los contenidos de ciencia; los resultados de la investigación didáctica y, finalmente, la validación (desarrollo y evaluación) de la secuencia de enseñanza, aspectos que se presentan en la figura 2.3.

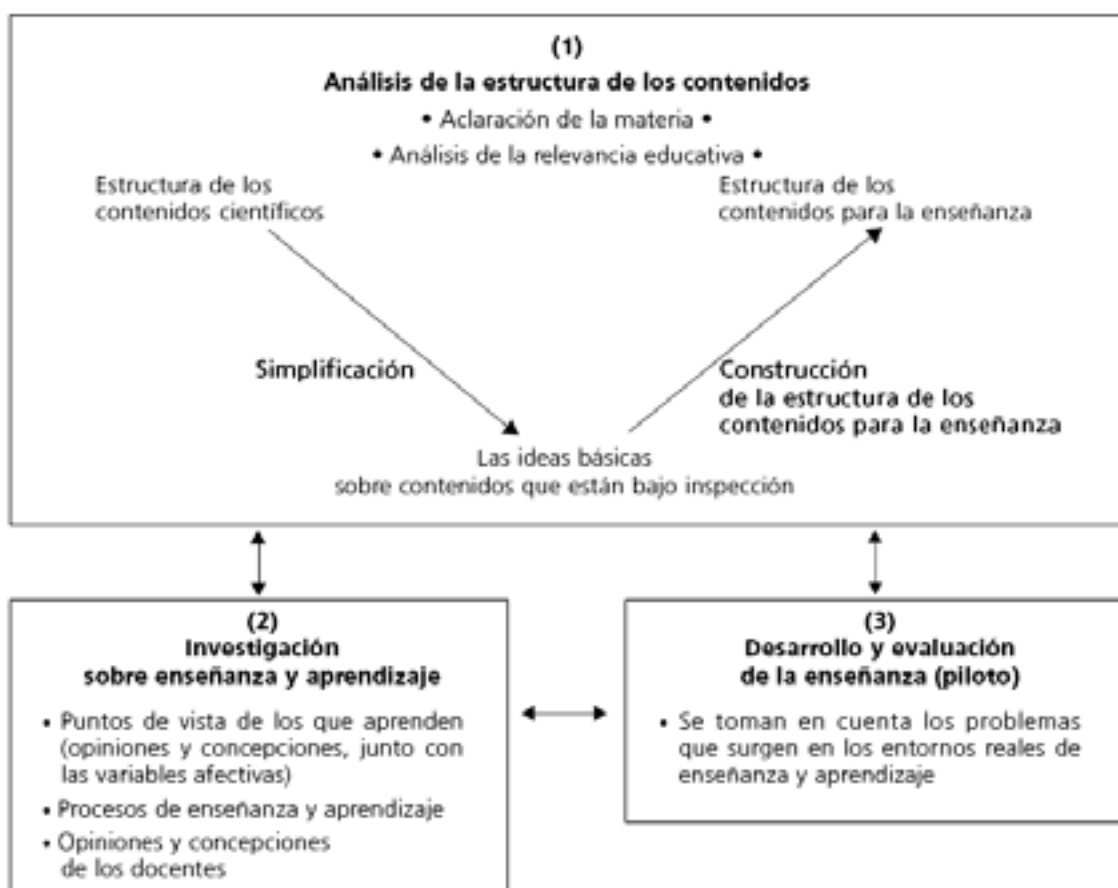


Figura 2.3. El modelo de reconstrucción educativa (tomado de Duit, 2006).

El proceso de selección y transformación del contenido disciplinar al contenido escolar conlleva tanto la clarificación conceptual del contenido de ciencia que se enseña como el análisis de su relevancia educativa. Este proceso de caracterización del contenido consta de dos fases.

La primera fase, de simplificación o “elementarización”, consiste en seleccionar las ideas centrales e indispensables del contenido concreto de enseñanza, no solo desde la lógica de la disciplina científica (lo que es importante desde el punto de vista de la ciencia), sino también desde el análisis de su significancia educativa con el objetivo de perseguir la alfabetización científica de los estudiantes adecuada al mundo en el que les toca vivir y actuar (lo que es importante desde el punto de vista de la consideración de una ciencia para todos).

Junto con el análisis del contenido se debe atender, además, a la caracterización de los contextos relevantes para la aplicación del contenido, sus implicaciones sociales y éticas, su relación con otros contenidos que han de ser enseñados, su ejemplaridad como contenido, en resumen, su relevancia para el estudiante y la sociedad. Durante la segunda fase, o de construcción, y a partir de las ideas centrales resultantes del proceso anterior, se procede a construir la estructura de los contenidos para la instrucción, esto es, los contenidos que han de ser enseñados y aprendidos (Couso, 2011).

Pero como puede observarse en la figura 2.3, en el proceso de transposición didáctica de los contenidos a enseñar se incluyen los resultados de la investigación educativa desde la perspectiva de los estudiantes (concepciones e ideas acerca del contenido, así como sus intereses y actitudes) y del profesorado (conocimiento práctico, opiniones y visión de los profesores), junto con los resultados empíricos de los procesos de enseñanza y aprendizaje. En otras palabras, para la determinación del contenido de la instrucción se tienen en cuenta las ideas, concepciones y los posibles itinerarios de aprendizaje de los estudiantes.

Debemos recordar que la ciencia que va a ser enseñada generalmente viene establecida por ley en el currículo oficial. Sin embargo, dicho currículo solo es una referencia para el profesor, ya que es él quien debe reorganizar el conocimiento propuesto y descomponerlo mediante tareas específicas para su enseñanza en el aula. Por esta razón, se considera fundamental que los docentes conozcan los resultados de la investigación didáctica relativa a la enseñanza del tópico objeto de estudio.

Finalmente, la validación de la SEA en este modelo se realiza de forma empírica, a través del diseño de pruebas piloto y sucesivas iteraciones de la secuencia en el aula, de forma que el análisis educativo del contenido realizado se va modificando a lo largo de las distintas fases consideradas, de acuerdo con los resultados concretos de los estudiantes, sus concepciones y los caminos de aprendizaje recorridos por los estudiantes durante la implementación, pues recordemos que bajo este enfoque se asume que la estructura de un contenido particular para la enseñanza debe ser desarrollada de acuerdo con el punto de vista del estudiante. Este tipo de actuación en el aula permite investigar en

detalle procesos de enseñanza-aprendizaje de una manera cíclica hasta alcanzar el aprendizaje esperado previamente establecido.

2.3.2.2. El modelo de la demanda de aprendizaje

Una importante crítica al modelo de reconstrucción educacional es que destaca excesivamente el papel del componente individual en el proceso de aprendizaje, esto es, la construcción del conocimiento a nivel personal, sin atender demasiado a otras variables como el papel del profesor o la interacción social en el aula. De esta manera, se focaliza gran parte de la atención en clarificar y secuenciar el contenido a enseñar prestando poca atención a “la puesta en escena” de dicho contenido en el aula (Couso, 2011).

Pero de acuerdo a Leach y Scott (2002), es posible adoptar otra perspectiva en la construcción de SEA utilizando una visión socioconstructivista del aprendizaje, basada en la teoría sociocultural de Vigotsky (1978). Desde el socioconstructivismo se considera que los aprendizajes representan un proceso natural de construcción de nuevos conocimientos, a partir de los saberes previos pero inseparables de la situación en la que se producen, por lo que el conocimiento es un fenómeno profundamente social. El intercambio social es la base del aprendizaje, pero este intercambio debe obedecer a una intencionalidad bien definida por el docente: sin esta la interacción no se inserta en un contexto de aprendizaje. La experiencia social moldea las formas en que los estudiantes piensan e interpretan el mundo, experiencia donde el lenguaje juega un papel fundamental como herramienta indispensable del pensamiento. Es por ello, que la interacción social de los sujetos en el aula determina de manera importante la forma como se aprende (Díaz Barriga, 2003).

Desde esta perspectiva, se aprende interaccionando con otros mediante el lenguaje o el discurso, y las ideas expuestas mediante el lenguaje y otros instrumentos semióticos (símbolos matemáticos, diagramas, gestos, posturas) en el plano social de la clase de ciencias son interiorizadas en el plano individual. Sin embargo, también se aprende en las interacciones de la vida cotidiana, lo que da lugar a que Vigotsky (1989) diferencie entre concepciones espontáneas y científicas en los estudiantes. Los conceptos “espontáneos o cotidianos” son aquellos que se aprenden sin una atención consciente, de forma natural a través de las interacciones normales del día a día, mientras que los conceptos “científicos” son conceptos formales originados en las disciplinas concretas y que solo se pueden aprender mediante la instrucción (Leach y Scott, 2000).

Los procesos sociales son fundamentales para la generación y validación del conocimiento científico, por eso para aprender los conceptos propios de la cultura científica escolar los estudiantes necesitan interacción social con miembros de esa cultura (en este caso, profesores de ciencia) para que se produzca el deseado proceso de enculturación en la ciencia escolar. En primer lugar, porque son los profesores los que utilizan el conocimiento científico que se muestra más apropiado en las diferentes situaciones planteadas en el aula; por otro lado, el conocimiento científico no emana de forma directa de

los datos y experiencias que se presentan a los estudiantes, siendo necesario para su interpretación introducir los formalismos, teorías y prácticas científicas presentes en el currículo escolar a través de la enseñanza intencional específica (Couso, 2011; Leach y Scott, 2000).

Las posibles relaciones entre contenidos del lenguaje y pensamiento han dado lugar a la introducción del concepto de “lenguaje social” para indicar los distintos lenguaje que pueden utilizar diferentes sectores de la población para referirse a una misma temática (Bakhtin, 1986). Así, por ejemplo, reflexionan Leach y Scott (2002) que el lenguaje que utiliza un especialista en física del estado sólido para hablar sobre la estructura de una cerámica conforma un tipo de lenguaje social muy diferente al que podría utilizar, por ejemplo, un alfarero, para hablar de las propiedades del moldeado de la cerámica. Por eso, los distintos “lenguajes sociales” y los distintos discursos que se introducen y utilizan en el plano social de la clase sobre los tópicos escolares, ofrecen los significados que permiten a los estudiantes desarrollar una variedad de formas de pensar y entender el mundo de la ciencia que pueden ser utilizados, juntos con los resultados de investigación, para el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje (Guisasola, Zubimendi, Franco y Cebeiro, 2010). Desde esta perspectiva socioconstructivista, para Leach y Scott una SEA consiste en la planificación de la situación en la que el profesor asiste a los estudiantes en el aprendizaje de la ciencia escolar, es decir, les ayuda a aprender y compartir el lenguaje y las prácticas de la comunidad científica escolar, con el propósito de que superen las concepciones espontáneas de los conceptos científicos hacia el aprendizaje científico (Couso, 2011).

Debemos recordar que los conceptos informales o espontáneos que constituyen el lenguaje social cotidiano de los estudiantes incluyen muchas de las concepciones alternativas identificadas en la literatura sobre enseñanza de las ciencias, mientras que los conceptos científicos formales que constituyen el lenguaje social de la ciencia escolar se constituyen en la alternativa a las formas de hablar y pensar cotidianas que los estudiantes utilizan en clase. De acuerdo a lo anterior, la enseñanza de las ciencias puede ser conceptualizada en términos de introducir al estudiante en una forma de lenguaje social de la ciencia, con papel clave del profesor como mediador ante el conocimiento existente (Leach y Scott, 2000).

Pero, ¿cómo aprenden los estudiantes de sus profesores el conocimiento científico? En esta perspectiva socioconstructivista del aprendizaje deben prestarse atención a tres factores claves a lo largo del proceso instruccional, esto es para el desarrollo de la secuencia: la puesta en escena de la “historia científica” objeto de enseñanza, apoyar su “proceso de internalización” y proveer oportunidades para la aplicación de lo aprendido por parte de los estudiantes.

El primer aspecto a tener en cuenta se relaciona con planificar la forma en que el conocimiento científico va a ser presentado a los estudiantes, a través de una serie de actividades específicas en la secuencia didáctica para transferir el punto de vista científico al plano social del aula. Esta fase involucra tanto al profesor como a los estudiantes en un

proceso altamente interactivo y multimodal, donde el profesor pondrá a disposición de la clase “historias científicas” sobre los fenómenos del mundo pensadas y habladas según la ciencia escolar. El desarrollo narrativo de la historia científica tiene que involucrar a unos protagonistas, los actos que realizan, con unos propósitos y unas consecuencias, de una manera inteligible, interesante y plausible para los estudiantes. De la misma manera, durante el desarrollo de la historia científica debe atenderse al ritmo del discurso, permitiendo un cierto equilibrio entre la presentación de la información y la posibilidad de participación de los estudiantes a través de actividades que fomenten la discusión y la exploración de sus opiniones e ideas, al objeto de que se desarrolle un “conocimiento común” compartido acerca del tópico analizado (Leach y Scott, 2000).

El segundo aspecto gira en torno a la manera sobre cómo planificar el apoyo a los estudiantes para que realicen el proceso de internalización de la historia científica, en el sentido utilizado por Vigotsky (1989). Debemos tener en cuenta que no solo es necesario hacer accesible a los estudiantes la historia científica presentada, sino que se muestra crucial que se apropien de ella, esto es, construyan un significado para la situación planteada y le den un sentido personal para su utilización, importante paso que cada estudiante realiza de manera individual y al que anteriormente nos hemos referido como proceso de internalización.

En este proceso los estudiantes hacen suyas herramientas conceptuales y procedimentales que se encuentran en el plano social de la clase para ser capaces de utilizarlas en el plano individual. Durante la fase de internalización el papel del profesor vuelve a ser fundamental, no solo como el “portador de historias” sino como el experto que apoya, colabora y guía al alumno en el recorrido de ciencia escolar (desde lo que sabe –donde está ahora– hasta lo que puede llegar a saber –donde puede llegar a estar–). En todo este recorrido la comprensión de la ciencia en el ámbito del aula se desarrolla a través de las interacciones sociales entre los estudiantes y el profesor y entre los propios estudiantes. El éxito de este proceso exige prestar atención a la monitorización continua de la comprensión de los estudiantes (ayudándolos a resolver aquellas cuestiones que desconocen) y la regulación de la visión del alumno para facilitar su aprendizaje, por lo que la secuencia de enseñanza debe contener actividades que ofrezcan oportunidades al profesor en tal sentido (debates, trabajos en pequeño grupo, etc.).

Finalmente, el tercer aspecto se refiere al proceso de planificación de oportunidades de aplicación de lo aprendido, para que los estudiantes hagan de las nuevas “historias científicas” sus propias ideas, las pongan a prueba y se ejerciten en ellas por sí mismos. Esta etapa de aplicación de ideas suele comenzar con el apoyo y guía del profesor, para retirarse gradualmente a medida que los estudiantes se hacen más competentes, situación que deriva en una delegación de responsabilidad del proceso de enseñanza-aprendizaje del profesor hacia los alumnos (Couso, 2011; Leach y Scott, 2000).

En esta fase de la SEA se trata de diseñar actividades que apoyen el proceso de internalización a niveles de conclusión y consolidación, a través de actividades de puesta en práctica de las nuevas ideas, la puesta en común con otros estudiantes o la elaboración

de informes individuales o grupales. Las actividades de la secuencia deben guiar al estudiante a decidir cuál es el marco explicativo más adecuado, y si es necesario, a que se generen expectativas de aprendizaje para que el profesor pueda mediar a través de la introducción de los nuevos conceptos que se precisan. Al finalizar esta fase del trabajo se espera que exista un marco explicativo, consensuado en el aula, cuyos elementos esenciales coincidan con los objetivos curriculares. Por otra parte, es razonable suponer que la teoría explicativa consensuada en el aula, contenga elementos de explicaciones anteriores que han sido reformulados y adaptados a la nueva teoría (Guisasola, Furió y Cebeiro, 2008).

Un aspecto central para el diseño de SEA bajo este enfoque teórico lo constituye la noción de “demanda de aprendizaje” o learning demand como se conoce en inglés (Leach y Scott, 2002). Debe entenderse como una herramienta para desarrollar la planificación de la enseñanza en el aula a partir del análisis del contenido científico a enseñar, la investigación acerca del conocimiento previo del estudiante y la interacción social en el aula.

Antes hemos aludido al lenguaje social (Bakhtin, 1986) que utilizan los distintos grupos sociales en relación a un mismo propósito, y en este sentido, se muestra necesario por parte del profesor tener en cuenta la distancia que existe entre las “historias” de los alumnos y la historia científica que se pretende desarrollar en el aula. El concepto de “demanda de aprendizaje” permite valorar las diferencias entre el lenguaje social de la ciencia escolar y el lenguaje social cotidiano que el alumno lleva al aula de ciencias. El propósito de identificar las “demandas de aprendizaje” es conocer los desafíos intelectuales específicos a los que debe enfrentarse el alumno para comprender el conocimiento científico escolar (abordar un tópico concreto de la ciencia escolar), permitiendo diseñar actividades de enseñanza específicas a tal fin.

De acuerdo a lo anterior, para planificar y desarrollar una SEA desde el modelo de demanda de aprendizaje deben contemplarse cuatro aspectos interrelacionados. En primer lugar, identificar y justificar el conocimiento de ciencia escolar que se va a enseñar, es decir, construir la historia científica. La construcción de la “historia” o tratamiento del conocimiento escolar dependerá de los protagonistas (introducir nuevos conceptos científicos, aplicar un modelo o teoría), del nivel de detalle exigido y nivel de complejidad de las ideas utilizadas y la secuencia en el que se introducirán y aparecerán. El desarrollo de este proceso requiere del análisis del contenido curricular para identificar su estructura conceptual y la identificación de las ideas científicas fundamentales.

Como segundo paso para el diseño se debe considerar cómo este tópico de las ciencias es conceptualizado en el lenguaje social de los estudiantes, es decir, conceptualizar la ciencia escolar a enseñar a partir del razonamiento espontáneo de los estudiantes con base en el enorme cuerpo de resultados de investigación al respecto.

El paso siguiente consiste en identificar las “demandas de aprendizaje” al valorar las diferencias de pensamiento de los alumnos con la historia científica escolar. Finalmente, se procede con el diseño de la SEA orientada a cubrir cada una de las demandas de

aprendizaje. En este caso las propias demandas de aprendizaje pueden utilizarse como guías para la selección y secuenciación de las actividades a desarrollar y elegir las estrategias de enseñanza adecuadas en base a los objetivos de aprendizaje de cada una de las fases de la secuencia. En estos objetivos se hacen explícitas las formas en las que las ideas de los estudiantes se aprovechan y se hacen evolucionar mediante la intervención y guía del profesor (Couso, 2011).

2.3.3. Otros modelos para el diseño de secuencias didácticas

En la literatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales en España se han recogido multitud de propuestas para la planificación de SEA, que si bien no se han publicado y discutido con la pretensión de constituir un modelo de cómo diseñar una secuencia didáctica, sí aportan guías útiles al profesorado a la hora de diseñar materiales para la enseñanza de las ciencias (Couso, 2011). Seguidamente discutiremos dos de ellas por su relevancia para el trabajo que presentamos en esta investigación de tesis.

2.3.3.1. Modelo para la planificación de enseñanza de Sánchez y Valcárcel

Sánchez Blanco y Valcárcel (1993) propusieron un modelo con el que se han planificado un buen número de secuencias didácticas de Física y Química para la educación secundaria (Pro, 2011b). Para los autores este modelo persigue un doble propósito: proporcionar las referencias teóricas para la toma de decisiones del profesor en la planificación de la enseñanza y facilitar un procedimiento sistemático para abordar cada una de estas tareas implicadas.

Son cinco las tareas o acciones que se recogen en este modelo de planificación: análisis científico del contenido de enseñanza; análisis didáctico; selección de los objetivos de la intervención; selección de las estrategias didácticas y selección de las estrategias de evaluación. Una descripción de la finalidad y los procedimientos que incluye cada una de las tareas de planificación se muestra, de manera resumida, en la tabla 2.12.

Como se observa, este modelo de planificación comienza con dos tareas previas a la delimitación de los objetivos de la secuencia: el análisis científico y el análisis didáctico del contenido a enseñar. El objetivo del análisis científico es doble, por un lado, la estructuración de los contenidos de enseñanza, además de la actualización científica del profesor, derivada del proceso de consulta y reflexión sobre el propio conocimiento científico que se incluye en la SEA.

Estructurados los contenidos de la secuencia didáctica desde una perspectiva científica, se procede al análisis didáctico del contenido con la intención de delimitar los condicionantes del proceso de enseñanza y aprendizaje, siendo factor dominante en esta etapa la capacidad cognitiva del alumnado, esto es, la capacidad de hacer y aprender en cualquier situación.

OBJETIVOS	PROCEDIMIENTOS
I. ANÁLISIS CIENTÍFICO.	
a) La reflexión y actualización científica del profesor.	1) Seleccionar los contenidos.
b) La estructuración de los contenidos.	2) Definir el esquema conceptual.
	3) Delimitar procedimientos científicos.
	4) Delimitar actitudes científicas.
II. ANÁLISIS DIDÁCTICO.	
a) La delimitación de los condicionamientos del proceso de E/A; adecuación al alumno.	1) Averiguar las ideas previas de los alumnos.
	2) Considerar las exigencias cognitivas de los contenidos.
	3) Delimitar implicaciones para la enseñanza.
III. SELECCIÓN DE OBJETIVOS.	
a) La reflexión sobre los potenciales aprendizajes de los alumnos.	1) Considerar conjuntamente el análisis científico y el análisis didáctico.
b) El establecimiento de referencias para el proceso de evaluación.	2) Delimitar prioridades y jerarquizarlas.
IV. SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS.	
a) La determinación de las estrategias a seguir para el desarrollo del tema.	1) Considerar los planteamientos metodológicos para la enseñanza.
b) La definición de tareas a realizar por profesor y alumnos.	2) Diseñar la secuencia global de enseñanza.
	3) Seleccionar actividades de enseñanza.
	4) Elaborar materiales de aprendizaje.
V. SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN.	
a) La valoración de la unidad diseñada.	1) Delimitar el contenido de la evaluación.
b) La valoración del proceso de enseñanza y de los aprendizajes de los alumnos.	2) Determinar actividades y momentos del desarrollo del tema.
	3) Diseñar instrumentos para la recogida de información.

Tabla 2.12. Modelo para el diseño de SEA (tomado de Sánchez Blanco y Valcárcel, 1993).

Realizadas estas actuaciones previas comienza la tarea de selección de los objetivos de aprendizaje previstos por el profesor, tomando como referencia el nivel educativo del alumno y los objetivos generales de área indicados en los decretos de enseñanzas mínimas. La selección de los objetivos debe servir para contemplar no solo los contenidos científicos que se quieren trabajar en el aula sino también las experiencias previas y dificultades de aprendizaje de los alumnos y alumnas.

La cuarta tarea, selección de estrategias didácticas, tiene por objeto el que las normas de actuación que debe adoptar el profesor en el aula sean eficaces para el logro de los objetivos propuestos y concretar la acción en el aula. Finalmente, concluye el modelo de planificación con la selección de estrategias de evaluación, considerada en su carácter formativo, con la función de favorecer la construcción de aprendizajes significativos por parte de los estudiantes.

2.3.3.2. Modelo de planificación de enseñanza “transformado” de Pro y Saura

El modelo de planificación que desarrollan Pro y Saura (2007) consta de cinco tareas que requieren «*acciones de formación (actualizar conocimientos, profundizar en el significado de algunos términos y en sus relaciones con otros...), innovación (incorporar nuevos recursos didácticos, revisar el uso de otros para plantearlos con enfoques diferentes...) e investigación (identificar características e intereses de los estudiantes, estudiar la validez de las estrategias de enseñanza...)*» (p. 39).

Las cinco tareas del proceso de planificación, según estos autores, consta de las siguientes etapas:

1. Análisis del contenido científico objeto de enseñanza.
2. Análisis de los problemas de aprendizaje.
3. Selección de los interrogantes centrales de la unidad.
4. Selección de la secuencia de enseñanza.
5. Selección de las estrategias de evaluación.

Como se aprecia, el proceso de planificación comienza con el análisis del contenido científico, esto es, con la identificación de los posibles contenidos (a nivel de conceptos, procedimientos y actitudes) objeto de enseñanza, y que estos autores estructuran a través de distintos mapas conceptuales. Cualquier proceso de enseñanza de unos contenidos debe adecuarse a las características de los estudiantes a los que van destinados, por lo que se muestra necesario conocer qué saben nuestros estudiantes, sus concepciones y su influencia en los nuevos aprendizajes. Por tal motivo, la segunda tarea tiene por finalidad identificar las dificultades que presenta en alumnado en la adquisición de estos contenidos, con la finalidad de diseñar intervenciones específicas e intencionales para “superarlos”.

Con la tercera tarea de planificación se pretende sintetizar los análisis anteriores para seleccionar y secuenciar los contenidos objeto de enseñanza, tomando como referencia la carga horaria asignada institucionalmente a la materia. La secuencia didáctica se debe presentar articulada y organizada en torno a una serie de preguntas o interrogantes clave, cada uno de los cuales podrá, a su vez, agrupar a uno o varios interrogantes más concretos y cercanos al estudiante. Los contenidos conceptuales y procedimentales se irán presentando y construyendo ante la necesidad de dar respuesta a la serie de interrogantes planteados.

La siguiente tarea se refiere al diseño de la secuencia de enseñanza, que debe incluir la relación de las actividades, su temporalización, materiales de aprendizaje, etc. La secuencia de enseñanza, siguiendo una perspectiva constructivista (Driver, 1988) se estructura en varias fases, de acuerdo a su intencionalidad educativa: orientación, expli-

tación de ideas, construcción de aprendizajes, aplicación y revisión, y que requieren de actividades adecuadas a las finalidades previstas.

Finalmente, las estrategias de evaluación, tanto del profesorado como del alumnado, que deben quedar integradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje y mostrarse coherentes con las finalidades educativas y el proceso de enseñanza. Esta tarea nos debe informar no solo sobre el aprendizaje de los estudiantes sino acerca del desarrollo del proceso de enseñanza.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Fundamentación metodológica.**
- 3.2. El problema de investigación.**
- 3.3. Esquema general y etapas de la investigación.**
- 3.4. Participantes.**
- 3.5. Instrumentos de recogida de información.**
- 3.6. Análisis de datos.**



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

En los capítulos anteriores hemos presentado el origen y la fundamentación teórica de esta investigación. Comenzamos ahora con el proceso de su desarrollo mostrando en este tercer capítulo los aspectos metodológicos, así como las características generales y el diseño del proceso investigativo. A tal fin, el capítulo se presenta estructurado en seis apartados.

Comenzaremos haciendo referencia al marco metodológico empleado. En realidad, para el desarrollo de la investigación se ha debido atender a varias perspectivas metodológicas, fundamentalmente de corte cualitativo, aunque con carácter puntual también se han utilizado algunos procedimientos de análisis cuantitativo. Así, por ejemplo, el diseño y análisis de la intervención educativa en el aula, núcleo central de este trabajo, se ha realizado siguiendo un proceso de desarrollo iterativo con varios ciclos de diseño-implementación-evaluación-rediseño, que debemos encuadrar bajo el enfoque metodológico de las “investigaciones de diseño”. Por otro lado, la recogida de datos durante las varias implementaciones de la secuencia, así como las descripciones de su desarrollo en el aula se han llevado a cabo bajo el enfoque de los estudios de caso. Por ello, en el primer apartado se presenta una descripción general y se detallan los principales fundamentos de ambos enfoques metodológicos.

En el segundo apartado se delimita y formula el problema de investigación y se plantean las cuatro preguntas de investigación que se abordarán a lo largo de esta memoria de tesis. En el apartado tercero se sintetizan los aspectos básicos del diseño del proceso investigativo y se muestran las etapas fundamentales de su desarrollo.

Los apartados cuarto al sexto muestran otros aspectos importantes del proceso investigativo, como son la descripción de las muestras de participantes; las técnicas e instrumentos utilizados para el acceso, obtención y producción de información, y finalmente, algunas consideraciones sobre el análisis de los datos obtenidos.

Debemos observar, que dada la finalidad expositiva de este capítulo metodológico, en lo que sigue se describirán los procesos, criterios y estrategias utilizadas de una manera genérica, que iremos concretando en los próximos capítulos a medida que presentemos los resultados de la investigación.

3.1. FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

La investigación educativa ha avanzado de manera importante en las últimas décadas. Sin embargo, la articulación entre la generación de conocimiento y su difusión y conexión con la práctica educativa es un asunto poco abordado por los distintos sectores educativos implicados (propios investigadores, profesorado, Administración Educativa), poniendo de manifiesto las complicadas relaciones entre práctica e investigación educativa, a pesar de que el sentido de esta última no es otro que la mejora de la educación (Muñoz-Repiso, 2004).

De hecho, hoy en día podemos observar cierto “desencuentro” en torno al grado en que la investigación educativa ha contribuido a optimizar la acción educativa. Algunas de las críticas giran en torno a que la sistematización y el avance en el conocimiento pedagógico no se traducen de forma eficaz en la fundamentación y mejora de las prácticas educativas, siendo variados los factores a considerar: la investigación educativa muestra un alto índice de fragmentación, escasa difusión de los resultados, proyectos de escaso alcance, estándares de calidad inferiores a otras ciencias sociales, insuficiente financiación, indiferencia de las Administraciones Educativas, etc. (De la Orden, 2007; Hargreaves, 1996).

Pero sin lugar a dudas, la escasa transferencia de los conocimientos de investigación a la práctica escolar es uno de los problemas que más reiteradamente se ponen de manifiesto, la ausencia de utilidad de los resultados de la investigación educativa por parte de los que deben tomar las decisiones día a día en las aulas. En otras palabras, la fuerte desconexión existente entre la investigación educativa y las prácticas pedagógicas (Reeves, 2000; Rianudo, 2007).

3.1.1. La investigación educativa basada en el diseño

Entre las distintas aportaciones a la solución de los problemas de relación entre investigación y práctica educativa viene emergiendo con fuerza un movimiento renovador, en el sentido de que intenta trasladar al campo de las prácticas pedagógicas los resultados y avances de la investigación educativa, así como incrementar la relevancia de la investigación en las políticas y reformas educativas (Burkhardt, 2006; Chiecher y Donolo, 2010; Fishman, Marx, Blumenfeld, Krajcik y Soloway, 2004; Rianudo y Donolo, 2010). En realidad, se trata más bien, de progresos en las metodologías para la producción y transferencia de conocimiento, que suelen englobarse bajo la expresión genérica “investigación educativa basada en el diseño” (Confrey, 2006; De la Orden, 2007).

Experimentos de diseños de intervención educativa, experimentos formativos o de diseño, estudios de diseño (o design-based research, DBR por sus siglas en inglés) son otras denominaciones con las que suele conocerse, de forma indistinta, a este nuevo movimiento educativo que comienza a desarrollarse dentro del campo multidisciplinar de las denominadas “ciencias del aprendizaje” (learning sciences) en la década de los años 90

del pasado siglo. A este respecto, se consideran como pioneros los trabajos de los psicólogos educacionales Brown (1992) y Collins (1992) en el campo de la investigación educativa, aunque hay autores que ubican las raíces de esta metodología en los estudios desarrollados por Piaget, Vigotsky y Dewey (De la Orden, 2007; Confrey, 2006; Garello, Rianudo y Donolo, 2011).

Pero la emergencia de este movimiento queda definitivamente consolidada con la creación, en el año 2001, del colectivo *The Design Based Research Collective* (DBRC)¹ para el fomento en el campo educativo de estos métodos de investigación, y la publicación un poco más tarde, de sendos números monográficos en las prestigiosas revistas de investigación educativa *Educational Researcher* (volumen 32, núm. 1) y *Journal of the Learning Sciences* (volumen 13, núm. 1), en 2003 y 2004 respectivamente, así como su incorporación en 2004 al bloque de fundamentos metodológicos del reconocido *The Cambridge Handbook of the Learning Science* (Sawyer, 2006).

Las investigaciones basadas en el diseño educativo, por su reciente desarrollo, no constituyen aún un paradigma totalmente establecido, lo que ha dado lugar a una proliferación terminológica importante, junto con la ausencia de una definición ampliamente consensuada (Rianudo y Donolo, 2010).

En realidad, bajo la expresión “investigaciones de diseño” se engloba un amplio espectro de enfoques de investigación, básicamente de corte cualitativo, que comparten modos característicos de abordar los problemas y el diseño de ambientes educativos innovadores. Estos enfoques, desde los primeros años del siglo XXI, vienen mostrando avances importantes para la mejora de la calidad de las prácticas instructivas y la ampliación de conocimiento sobre los procesos de aprendizaje, esto es, para el desarrollo de teorías educativas (Cobb, Confrey, Disessa, Lehrer y Schauble, 2003; Confrey, 2006; Disessa y Cobb, 2004).

El objetivo de los estudios de diseño es analizar, para comprender y mejorar, los procesos de enseñanza y aprendizaje en contexto, mediante el diseño y estudio sistemático de formas particulares de aprendizaje, estrategias y herramientas de enseñanza (Molina, Castro, Molina y Castro, 2011). Este tipo de estudios se desarrollan usualmente en torno a la introducción de nuevos temas curriculares, nuevas herramientas para el aprendizaje o nuevas formas de organización del contexto de aprendizaje (Confrey, 2006). Son investigaciones «*en el diseño, dentro del diseño y sobre el diseño*» (Rowland, 2008, citado por Gros, 2012; p. 5).

En este escenario el término “diseño” hace referencia al diseño instructivo (diseño de enseñanza o programa de instrucción) que se elabora, implementa y se somete a escrutinio de investigación, pero en un sentido ingenierístico: el diseñador (investigador) desarrolla un producto que después testa en condiciones reales, recogiendo a lo largo de la intervención los problemas del diseño, las necesidades de mejora, los avances y fracasos, los datos de otros participantes, etc., para posteriormente llevar a cabo un rediseño

¹ Véase <http://www.designbasedresearch.org>.

con vistas a superar los problemas detectados, para volver a una nueva implementación, y así sucesivamente (Cohen, Manion y Morrison, 2011).

Los estudios basados en el diseño son estudios de campo en los que un equipo de investigación interviene en un contexto de aprendizaje particular para atender, mediante un diseño instructivo, al logro de una meta pedagógica explícitamente definida (Rianudo y Donolo, 2010). Bajo este enfoque se investiga las características del diseño, no solo nuevos modelos formativos, permitiendo identificar qué características del diseño resultan más eficaces que otras respecto al resultado esperado (Reeves, 2011).

En este sentido, son intervenciones planteadas para responder preguntas de investigación del tipo “qué sucede”, “cómo y por qué funcionan en la práctica” o “cómo y por qué suceden algunas situaciones educativas”, pues la intervención objeto de análisis se basa en una situación educativa real, en el contexto donde se producen y donde el propio investigador se halla implicado (Bell, Hoadley y Linn, 2004; Cobb *et al.* 2003; Shavelson, Phillips, Towne y Feuer, 2003). El propio DRBC (2003) manifiesta en los siguientes términos los propósitos de este enfoque de investigación: «... *nos ayuda a entender las relaciones entre la teoría educativa, el artefacto diseñado y la práctica. El diseño es central en los esfuerzos para mejorar el aprendizaje, crear conocimiento útil y avanzar en la construcción de teorías sobre el aprendizaje y la enseñanza en ambientes complejos*» (Citado por Rianudo y Donolo, 2011; p. 3).

Brown (1992) considera que este tipo de investigaciones engloba un conjunto de metodologías complejas en torno a las clases o ambientes de enseñanza, a fin de captar la naturaleza de los procesos de enseñanza y aprendizaje que allí ocurren y contribuir a desarrollos teóricos sobre estos temas.

Shavelson y Towne (2002) definen la investigación basada en el diseño como «*enfoques analíticos para examinar mecanismos que comienzan con ideas teóricas que son testadas a lo largo del diseño, implementación y estudio sistemático de herramientas educativas (currículo, métodos enseñanza, applets informáticos) que dan cuerpo al mecanismo conjeturado inicialmente*» (citado por Molina, Castro y Castro, 2006; p. 1).

Según la aportación de Disessa y Cobb (2004) los estudios de diseño son iterativos, situados, orientados en teorías y hacia la práctica, con la intención, de forma simultánea, de comprender y de mejorar los procesos educativos.

Para Wang y Hannafin (2005) los estudios de diseño representan una «*metodología sistemática pero flexible destinada a mejorar las prácticas educativas a través de análisis iterativo, diseño, desarrollo y puesta en práctica, basada en la colaboración entre investigadores y profesionales en entornos del mundo real y que lleva a los contextos los principios y teoría del diseño*» (p. 6).

Para Confrey (2006) las investigaciones basadas en el diseño persiguen producir desarrollos teóricos que puedan guiar la acción educativa en el aula y adaptar las condiciones de enseñanza para la mejora, así como identificar prácticas de enseñanza-

aprendizaje eficaces. En este sentido, constituyen extensas investigaciones sobre las prácticas educativas, usualmente en forma de tareas curriculares novedosas, al objeto de analizar cómo se produce el aprendizaje de los estudiantes en interacción con el profesor. Según este mismo autor, a través de los estudios de diseño se trata de documentar *«qué recursos y conocimiento previo ponen en juego los alumnos en las tareas, cómo interaccionan los alumnos y profesores, cómo son creadas las anotaciones y registros, cómo emergen y evolucionan las concepciones, qué recursos se usan, y cómo es llevada a cabo la enseñanza a lo largo del curso de la instrucción; todo ello mediante el estudio del trabajo de los alumnos, grabaciones de vídeos y evaluaciones de la clase»* (Citado por Molina *et al.* 2011; p. 76).

Para Cobb y Gravemeijer (2008) la investigación basada en el diseño abarca una colección de enfoques metodológicos que se caracterizan por la interdependencia entre el diseño instruccional y la investigación. El diseño de ambientes de aprendizaje constituye el contexto de la investigación mientras que los ciclos iterativos de análisis pormenorizado informan sobre la mejora del diseño (Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004).

3.1.1.1. Características de las investigaciones basadas en el diseño

En relación a la caracterización de esta metodología de investigación, De la Orden (2007) señala cinco rasgos distintivos de los enfoques de diseño:

- a) Combina sus dos grandes metas, esto es, el diseño de situaciones o ambientes de aprendizaje y enseñanza con el desarrollo de teorías educativas.
- b) La investigación y el desarrollo se producen de forma iterativa, configuran un ciclo continuo de diseño de la intervención–puesta en operación–análisis–rediseño.
- c) La investigación sobre el propio diseño debe conducir a teorías que ayuden a comunicar implicaciones relevantes a los profesionales de la enseñanza y a otros diseñadores educativos.
- d) La investigación debe explicar cómo y por qué funcionan los diseños educativos en contextos reales. No debe limitarse a documentar su éxito o fracaso, propio de la evaluación del producto.
- e) El desarrollo de la investigación debe apoyarse en métodos que permitan constatar (y dar cuenta de) las conexiones de los procesos de puesta en operación con resultados de interés.

En este tipo de enfoques metodológicos el proceso de la investigación se centra en diseñar innovaciones educativas y explorar todos los aspectos de la misma durante su puesta en práctica, desde el compromiso de aunar teoría, el plan de acción diseñado y la puesta en práctica, al tiempo que el propio análisis de la intervención puede contribuir a elabo-

rar y mejorar las teorías sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje. Queremos decir que este enfoque de investigación va más allá de un simple diseño y prueba de programas educativos, para explicar por qué funcionan y cómo pueden adaptarse a las distintas circunstancias. En este sentido, no solo el diseño propuesto se deriva de estudios o investigaciones previas para producir intervenciones complejas, sino que trata de unir los procesos de la puesta en acción con los resultados de la intervención educativa a través de una serie de exigencias teóricas sobre la enseñanza, el aprendizaje y la organización, lo que su vez da lugar a una mejor comprensión de la teoría subyacente (De la Orden, 2007).

Por su parte, Molina *et al.* (2011) y Rianudo y Donolo (2011), a partir de una extensa revisión bibliográfica, han tratado de integrar y sintetizar las principales características de las investigaciones basadas en el diseño. Seguidamente recogemos y pasamos a comentar algunas de las más relevantes.

En primer lugar, las investigaciones de diseño son de carácter situado, se dirigen a estudiar los problemas de aprendizaje en sus contextos naturales, usualmente en el ámbito de las aulas de clase, con el propósito explícito de su mejora, lo que conlleva prestar atención al importante y variado número de factores que influyen en las prácticas educativas (Confrey, 2006). Son múltiples las situaciones de aprendizaje que pueden plantearse en contextos instructivos reales y complejos, multiplicidad que junto con el tipo de personas involucradas, da lugar a distintos modos de orientar, plantear y llevar a cabo las investigaciones de diseño (Cobb *et al.*, 2003; Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004; Reinking y Bradley, 2008).

La ubicación en contextos auténticos y el carácter intervencionista (transformación para la mejora) de las investigaciones de diseño trae como consecuencia la asunción de un enfoque sistémico para abordar las variables involucradas que se tratan como interdependientes y transaccionales, y la importante selección de los tipos de datos y de análisis que resultan necesarios para describir y comprender la situación objeto de estudio (Reinking y Bradley, 2008).

Las investigaciones de diseño caracterizan la situación de aprendizaje en toda su extensión y complejidad, la mayor parte de la cual no es conocida de antemano. Este carácter integrador se traduce en la consideración de múltiples tipos de variables y los resultados que se pueden esperar de la investigación. Aunque no es posible especificar completamente el estudio que se lleva a cabo, pues existen múltiples variables en las aulas de clase que no pueden ser controladas, ni existe el propósito de hacerlo, sí se muestra necesario identificar aquellas que pueden afectar a los resultados de interés (Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004). En este sentido, la complejidad de las situaciones de aprendizaje y las interacciones que tienen lugar requiere distinguir entre aquellos elementos que van a ser objeto de estudio, de aquellos otros que se consideran accidentales o se asumen como condiciones del contorno, evitando contradicciones o conflictos durante el desarrollo de las actividades y poniendo en evidencia aquellos que pueden afectar al éxito o fracaso (Barab y Squire, 2004; Cobb *et al.*, 2003).

Para abordar el análisis de los contextos y situaciones de aprendizaje, y dada la amplia gama de variables y datos a considerar se precisa, en igual manera, de una variedad de procedimientos para la recolección y el análisis. Las investigaciones basadas en el diseño son, en este sentido, metodológicamente inclusivas y flexibles, pues cualquier enfoque, de entrada, puede ser válido o adaptado si el proceso de la investigación justifica su uso. Se hace necesario recoger extensos registros para capturar todo el proceso: lo que los alumnos, los docentes y los investigadores aprenden a lo largo del desarrollo del experimento, así como el estado del alumnado al final de éste (DBRC, 2003).

Se utilizan, a tal fin, grabaciones en vídeo, diarios sobre el desarrollo de las clases, registros de entrevistas, etc. Se precisa, además, tomar nota de las decisiones tomadas de manera justificada, con el fin de dar una descripción detallada de la evolución de la investigación así como de evaluarla y garantizar su calidad (Cobb y Gravemeijer, 2008). La exhaustividad de la recogida de datos permite analizar de forma retrospectiva el papel de ciertas variables que inicialmente no fueron consideradas pero que, posteriormente, se erigen como relevantes para el fenómeno en estudio.

Los estudios de diseño desafían la suposición de que los resultados de una investigación están contaminados por la influencia del propio investigador (Barab y Kirshner, 2001), pues los investigadores de diseño gestionan el proceso de investigación en colaboración con los participantes, diseñan y ponen en práctica, de forma sistemática, intervenciones para mejorar y refinar los diseños iniciales y avanzar hacia una mejor práctica educativa (Wang y Hannafin, 2005).

La composición de los grupos de trabajo es otro rasgo que caracteriza los estudios de diseño, que estarán marcados por una relación de cooperatividad. Otra norma a considerar en la formación del equipo de trabajo es la presencia regular del investigador en el contexto de la aplicación (Finsham *et al.*, 2004). En cuanto al rol del investigador se muestra como más adecuado su papel como observador participante, y se asume, de entrada, su fuerte implicación en la implementación de la intervención (Reinking y Bradley, 2008). Se precisa, por otro lado, que la intervención educativa esté sólidamente fundamentada tanto en el conocimiento del campo disciplinario donde se lleva a cabo, como en el conocimiento de una teoría del aprendizaje que englobe los procesos a realizar. En esta línea, los estudios de diseño puede comprometer a diferentes tipos de participantes en el diseño para utilizar sus diferentes experiencias en la producción y análisis de este, estando siempre involucrada en el proceso de investigación, aunque con carácter voluntario, la persona que actúa como docente (Barab y Squire, 2004).

Durante las investigaciones basadas en el diseño no se desarrollan grandes teorías de aprendizaje, más bien tienen un alcance teórico medio, pues son específicas para un dominio de aprendizaje y explicativas respecto del diseño considerado, aún cuando, estos desarrollos teóricos se consideran esenciales para la mejora de la educación, entendida como proceso a largo plazo (Cobb *et al.*, 2003). En este sentido, toda investigación de diseño lleva como propósito la producción de contribuciones teóricas, ya sea para precisar, extender, convalidar o modificar teoría existente o para generar nueva

teoría (Reigeluth y Frick, 1999). En algunos de estos estudios de diseño el desarrollo del modelo teórico es paralelo al diseño de un producto, por ejemplo: un conjunto de tareas, un currículo o un software para la enseñanza de un contenido específico. En esos casos, el producto educativo será un resultado más de la investigación (Hjalmarson y Lesh, 2008).

Finalmente, las investigaciones basadas en el diseño se caracterizan por un refinamiento progresivo ya que el diseño es constantemente revisado a partir de la experiencia, lo que da lugar a desarrollos teóricos cada vez mejor fundamentados, así como a diseños cada vez más acertados según las metas propuestas (Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004). La implementación de la intervención educativa se realiza de forma iterativa, a través de ciclos continuos de diseño, puesta en práctica, análisis y rediseño (DBRC, 2003).

Como consecuencia de su carácter cíclico, estos estudios implican dos tipos de análisis de datos: análisis continuados que se realizan durante los diferentes ciclos y un análisis final retrospectivo de todos los datos recogidos en el proceso de investigación. Las cuestiones a las que da respuesta el primero de estos análisis son típicamente de carácter práctico y están directamente relacionadas con el objetivo de promover el aprendizaje de los estudiantes participantes, en tanto que el análisis retrospectivo persigue contribuir al desarrollo de un modelo teórico para la mejora de la práctica educativa (Cobb, 2000; Juuti y Lavonen, 2006).

Concluyen los autores antes citados (Molina *et al.*, 2011) que las investigaciones basadas en el diseño deben caracterizarse en los términos siguientes: complejas, multivariantes, multiniveles, intervencionistas, iterativas, orientadas por la teoría y hacia la práctica y generadoras de modelos teóricos, aspectos que se recogen y relacionan gráficamente en la figura 3.1.

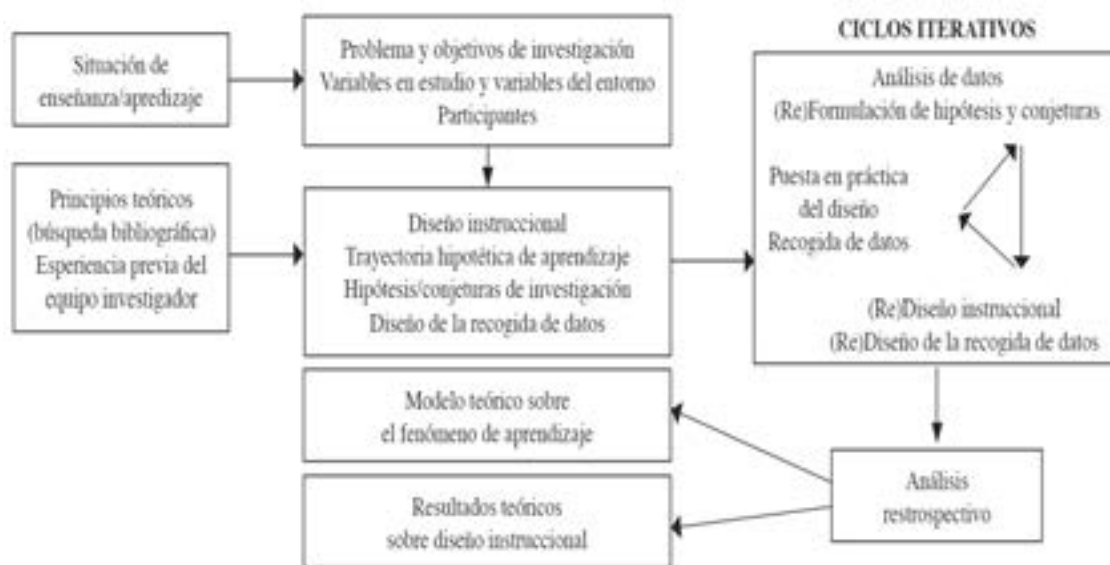


Figura 3.1. Estructura general de una investigación de diseño (tomado de Molina *et al.*, 2011).

3.1.1.2. Fases de las investigaciones basadas en el diseño

Hay diferentes propuestas acerca de cómo poner en práctica este tipo de metodologías. No obstante, existe cierto acuerdo en considerar tres fases importantes en un estudio de diseño, cada una de las cuales puede conllevar distintos procedimientos metodológicos. Así, Rinaudo y Donolo (2010) señalan las siguientes tres fases centrales del proceso investigativo: a) fase de preparación o de diseño; b) fase de implementación; c) fase de análisis retrospectivo.

En la primera fase del proceso se explicitan los criterios que guiarán las decisiones del diseño. Desde el punto de vista metodológico esta fase implica definir las metas de aprendizaje o los puntos finales a los que apunta el diseño, describir las condiciones iniciales o puntos de partida, la elaboración del diseño instructivo, definir las intenciones teóricas del experimento y desarrollar el diseño instructivo que debería llevar al logro de las metas fijadas (Gravemeijer y Cobb, 2006).

En la segunda fase del proceso se procede a la implementación de la intervención educativa, que se desarrolla una secuencia iterativa de microciclos de diseño y análisis. Se pretende con ello no solo ensayar el diseño de enseñanza y probar su validez, sino mejorar la teoría utilizada en la primera fase del diseño, así como una mejor comprensión de su funcionamiento (Gravemeijer y Cobb, 2006). A diferencia de otras metodologías este enfoque propone un ajuste continuo del diseño elaborado lo que crea exigencias en cuanto al registro de la documentación que produce la intervención, documentando tanto las revisiones, los fracasos y los resultados producidos.

Finalmente, en la fase del análisis retrospectivo, se efectúan dos tareas centrales tras finalizar la implementación del diseño: el análisis de todos los datos recabados en las etapas anteriores y la reconstrucción de la teoría instructiva elaborada durante la preparación del diseño. El análisis de los datos se lleva a cabo, igualmente, a través de ciclos iterativos; así en el primer ciclo se analizan los datos cronológicamente para cada uno de los episodios de la intervención que dan lugar a conjeturas o interpretaciones que se convierten en datos para un segundo ciclo de análisis, en orden a su aceptación o refutación, y así sucesivamente. Finalmente, a partir de las observaciones realizadas en el diseño y de los resultados de los análisis retrospectivos se puede avanzar hacia la reconstrucción de la teoría que fundamenta el diseño instructivo elaborado.

Por su parte, Bannan-Ritland (2003) distingue igualmente tres fases características a tener en cuenta en las investigaciones basadas en el diseño: a) fase preliminar o de exploración; b) fase de iteración o aplicación; y c) fase de síntesis o evaluación. En la fase preliminar se identifica y define correctamente el problema, se analizan las necesidades de la investigación y el contexto, se revisan los estudios previos sobre el tema y se elabora el marco teórico de referencia.

Tras el diseño de la propuesta, en la fase de aplicación se incluye la intervención inicial que sistemáticamente se mejora y perfecciona a través de varios ciclos de diseño y aplicación, y la recolección y análisis de los datos obtenidos. Esta segunda fase se centra

particularmente en el diseño local, esto es, en relación con el contexto y los parámetros iniciales, mientras que la fase última tiene como objetivo probar la validez del diseño en contextos más amplios (figura 3.2).

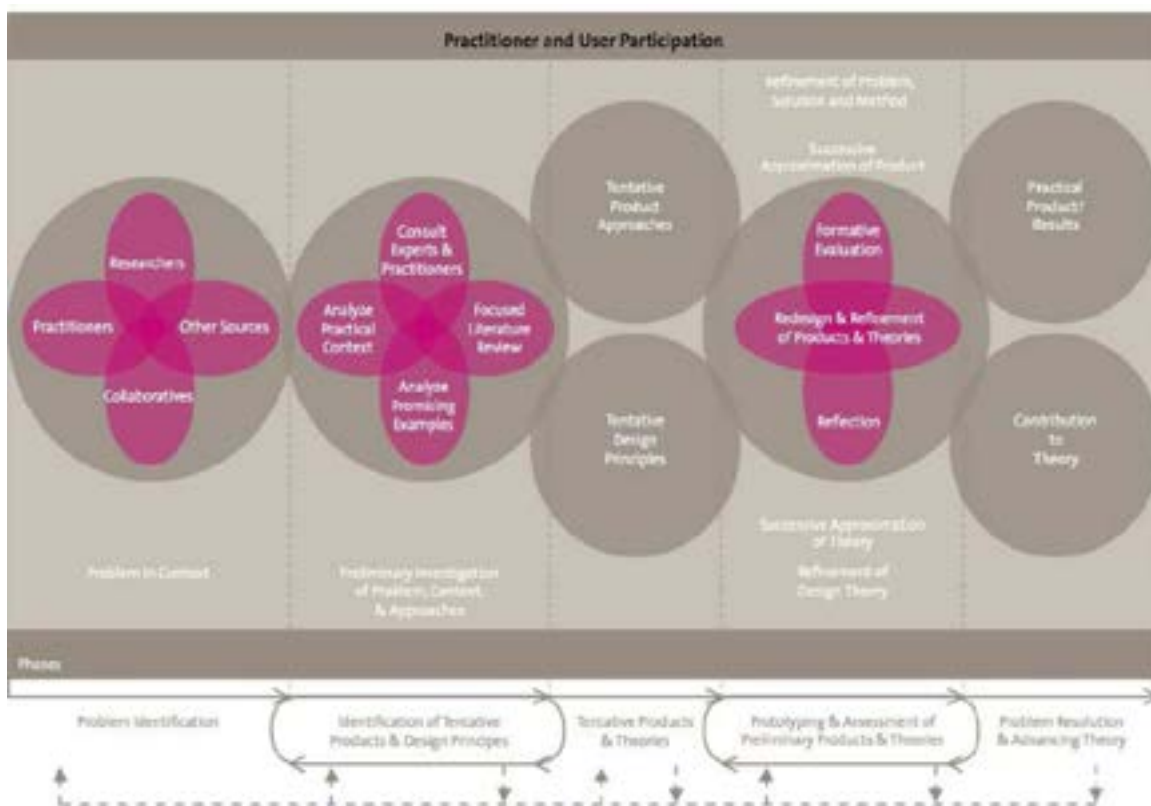


Figura 3.2. Fases centrales de una investigación de diseño educativo según Bannan-Ritland (2003) (tomado de Gros, 2012).

En síntesis, se diseña una intervención muy fundamentada desde el punto de vista teórico, se aplica, se analizan los resultados y se hace una modificación que vuelve a ser aplicada y revisada hasta que se considera que ya no se pueden obtener más datos relevantes. Es un proceso iterativo y cíclico que puede ser replicado en diferentes situaciones (Gros, 2012).

3.1.1.3. Potencialidades y problemáticas de las investigaciones de diseño

Los estudios de diseño constituyen un intento claro de avance en algunos de los problemas que suele asociarse con la investigación educativa. El carácter situado de los estudios de diseño, su desarrollo en contextos reales, la estrecha colaboración entre investigadores y profesionales interesados (profesorado y otros agentes educativos), junto con el propósito de transformación y mejora de los procesos de aprendizaje, sitúan a estos enfoques en la dirección de eliminar, o al menos reducir, la brecha entre investigación y práctica educativa (Rianudo y Donolo, 2010).

La potencialidad de este movimiento comienza a quedar patente cuando Kamil, Afflerbach, Pearson y Moje (2000), publican un detallado estudio en el *Handbook of Reading Research* en el que se describe este enfoque de investigación educativa. En este mismo año, algunas investigaciones bajo este enfoque, ligadas a las didácticas específicas de las ciencias y las matemáticas, también aparecen en el *Handbook of Research Design in Mathematics and Sciences* (Kelly y Lesh, 2000), y que tendrán continuación en años posteriores (Kelly, 2003; Kelly, Lesh y Baek, 2008).

Para Barab y Squire (2004) los estudios de diseño permiten no solo documentar, comprender e interpretar la intervención educativa, sino transformar y mejorar la práctica educativa a través de la consideración del importante papel de los contextos sociales en los resultados de la investigación. Pero no solo la aportación debe considerarse en el campo de la práctica educativa pues los continuos ciclos iterativos que resultan a lo largo de la intervención permiten a los investigadores probar y generar teoría (en base a las evidencias sobre el aprendizaje) para resolver problemas en contextos auténticos, que a su vez queda validada por los resultados de la investigación (Brown, 1992; Disessa y Cobb, 2004; Kelly, 2004; Messick, 1992).

Para el DBRC (2003) son cuatro los ámbitos en los que este enfoque de investigación puede generar avances en el conocimiento: exploración de ambientes innovadores de enseñanza y aprendizaje; desarrollo de teorías sobre enseñanza y aprendizaje a partir de contextos reales; sobre el diseño; sobre innovación.

La posibilidad de testar teorías en la práctica, de trabajar en colaboración con los docentes para la construcción de conocimiento en contextos reales, reconocer las especificidades de la práctica y las ventajas potenciales de adaptar la teoría al contexto de forma iterativa, abordar los problemas cotidianos del aula que influyen en el aprendizaje para adaptar la enseñanza a las condiciones reales, son entre otras, algunas de las potencialidades que se asocian con los estudios de diseño (Shavelson *et al.*, 2003, citado por Molina *et al.*, 2011).

Pero a pesar de sus innegables bondades, la utilización de estos enfoques de investigación no está exenta de algunos problemas. Seguidamente comentamos algunos de ellos.

Las aulas de clase son sistemas complejos y donde se presentan demandas de muy distintos tipos, por lo que encontrar “tiempo para la investigación” puede ser un reto, si además partimos de que este tipo de enfoques pueden dar lugar a largas intervenciones por su carácter iterativo (Wang y Hannafin, 2005). Quizá por ello, plantea Reimann (2011) que a pesar del carácter cíclico de este tipo de investigaciones se suelen realizar pocas iteraciones, lo que puede dar lugar durante el análisis, a una aproximación causal de la investigación y dificultar la transferencia de los resultados a otras circunstancias.

Disessa y Cobb (2004) sostienen que muchos estudios basados en el diseño carecen de una sólida base teórica por lo que no generan resultados importantes para el refinamiento y la evolución de la teoría educativa. En este mismo sentido Goodyear (2011) considera que es una metodología interesante pero que todavía no ha aportado conocimiento

y fundamentación sobre el propio diseño, lo que supone analizar el sistema e interpretar la realidad en términos de una ecología de aprendizaje, esto es, a través de la interacción entre el escenario y todos los agentes implicados.

Dede (2004) destaca la ausencia de estándares para decidir la “calidad” del diseño o que justifiquen su aplicación a la situación planteada. Este autor reflexiona asimismo acerca de los desafíos metodológicos que estos enfoques conllevan y que requiere de la habilidad de los investigadores para llegar a un equilibrio entre el diseño propuesto y la rigurosidad del estudio. Shavelson *et al.* (2003) ponen de manifiesto el problema relacionado con el número de variables que se requieren abordar con garantías una investigación de diseño, y este sentido, la necesidad de que los argumentos y resultados de la investigación no se deriven de datos de escasa calidad o de una insuficiente cantidad de datos recogidos.

Pero en el sentido contrario, Brown (1992) también reflexiona acerca de un exceso de datos para el análisis y la necesidad de su selección como limitaciones a tener presentes en estos estudios. Por su naturaleza iterativa las investigaciones de diseño dan lugar a una gran cantidad de datos cuyo análisis requiere de un importante esfuerzo, mientras que los resultados obtenidos pueden no contribuir o contribuir muy poco al avance en el conocimiento educativo.

Otro aspecto crítico de los estudios de diseño se relaciona con su dificultad para la generalización de los resultados. La naturaleza iterativa de la investigación y la posibilidad de intervenir en la situación educacional a través de ajustes sucesivos dificulta encontrar qué combinación, realmente, es la que favorece el avance; por otro lado, la complejidad para el desarrollo de una intervención en contextos auténticos es otro factor que limita una posible generalización más allá del contexto utilizado, dándose incluso la posibilidad, de encontrar otras explicaciones alternativas a los resultados obtenidos (O’Donnell, 2004; Shavelson *et al.*, 2003). Ante esta tesitura, ciertos autores abogan por una cuidadosa recolección de datos a fin de captar la complejidad y la contextualización de la intervención educativa, a la vez que permita la validación de conocimiento (Shavelson *et al.*, 2003).

3.1.2. Investigación cualitativa basada en los estudios de caso

La acción educativa, como realidad social, puede ser analizada desde distintas posiciones que aportan diferentes facetas, pero complementarias, de la misma. Entre las posibles formas de abordar la investigación de los fenómenos educativos cobra especial relevancia un conjunto de enfoques o métodos diversos que suelen englobarse bajo la denominación genérica de “perspectiva o aproximación cualitativa” (Sandín, 2003).

Siguiendo a Tójar (2006) se muestra complejo dar una respuesta única a qué es la investigación cualitativa por la multitud de disciplinas, tradiciones y pluralidad metodológica que subyacen, pero sí puede entenderse como un enfoque propio para la producción de

conocimiento, centrado particularmente en el ser humano desde la perspectiva del ser humano. Pero si no es fácil reducirla a una simple definición, sí hay ciertas características generales de este tipo de investigación que pueden ayudar a su descripción, y así humanística, transdisciplinar, pluralidad metodológica, compromiso ético con la mejora, etc., son algunas particularidades que suelen asociarse con la investigación de este tipo.

La aproximación cualitativa posibilita al investigador comprender e interpretar la experiencia humana, cómo los propios sujetos aprehenden e interpretan los fenómenos sociales (Cook y Reichardt, 1986). A través de la aplicación de las técnicas cualitativas es posible descubrir cómo van sucediendo las cosas, alcanzar a conocer las motivaciones y determinaciones sociales que están detrás del comportamiento de los sujetos y actuar en consecuencia. Pero es importante resaltar que el investigador cualitativo estudia los fenómenos sociales en sus contextos locales tratando de darles sentido e interpretándolos desde las experiencias de los propios participantes (Denzin y Lincoln, 2012; Latorre, Del Rincón y Arnal, 1997).

La perspectiva cualitativa se ha consolidado como una alternativa de investigación válida, y a veces única, para conocer la realidad social, y en particular para analizar el complejo sistema de relaciones que se producen en un contexto educativo, pues procura información relevante y significativa desde la perspectiva de los propios sujetos mediante diferentes técnicas y métodos de indagación, con el propósito de analizarla, codificarla, categorizarla y relacionarla, a fin de comprenderla, describirla e interpretarla (Martínez, 2007; Ruiz, 2011).

Dentro del terreno de la investigación cualitativa, donde existen diversos enfoques posibles, se pueden distinguir una variedad de métodos y tradiciones, entre los que se ubican los estudios de caso, modalidad que ensayamos en este trabajo de tesis, y a la que nos referiremos seguidamente.

3.1.2.1 Los estudios de caso

Cada vez son más frecuentes los estudios de caso como metodología de investigación educativa entre los diseños cualitativos (Cebreiro y Fernández Morante, 2004; Yacuzzi, 2005). En realidad, se trata de un concepto que abarca distintas concepciones y métodos sobre la investigación, que tienen como característica común la indagación en torno a la “experiencia vivida” (Simons, 2011).

Para Tójar (2006) *«se trata de una investigación descriptiva, exhaustiva y en profundidad de un caso, tratando de descubrir e identificar los problemas y las causas que pueden subyacer en el origen de los mismos»* (p. 113). Este mismo autor aclara que “el caso” puede entenderse en el sentido de cualquier grupo que comparte algunas características relevantes, y desde esta perspectiva, puede tener distintas naturaleza: sujeto, institución, programa educativo, etc. Por tanto, entendemos que “el caso” hace referencia a

un sistema delimitado en tiempo y espacio, que integra actores, relaciones e instituciones sociales (Neiman y Quaranta, 2006).

Para Pérez Serrano (1994) el estudio de caso se presenta como un proceso heurístico de carácter descriptivo, un examen en profundidad, sistemático y holístico en torno a fenómenos o entidades singulares, mientras que es la interrelación entre los procesos y el escenario donde se desarrollan lo que dota del potencial investigador a esta metodología (Coller, 2005).

Según Stake (2005) los estudios de caso buscan alcanzar una mayor comprensión de la realidad objeto de estudio, indagar en un determinado fenómeno, situación o colectivo o aclarar un tema o cuestión, por lo que plantea la enorme variabilidad de maneras de llevar a la práctica esta línea de actuación; por eso este autor destaca como carácter distintivo de esta metodología su foco en la particularidad y singularidad, la explicación o descripción de cada caso dentro de su contexto natural de actuación.

El conocimiento de lo particular en un contexto real determinado se muestra como una señal de identidad de este enfoque metodológico, puesto de manifiesto por varios autores: «*Mediante este método se recogen de forma descriptiva distintos tipos de informaciones cualitativas, que no aparecen reflejadas en números sino en palabras. Lo esencial en esta metodología es poner de relieve incidentes clave, en términos descriptivos...*» (Cebreiro y Fernández Morante, 2004; p. 666).

Así, Walker (1983) destaca el dinamismo de los estudios de caso que permite el análisis de unos incidentes y hechos específicos para captar los elementos que le dan significado, bajo lo que denomina “el examen de un ejemplo en acción”. En esta línea, Yin (2003) enfatiza la importancia de la contextualización del objeto de estudio, al establecer que los estudios de caso son adecuados para explicar las interacciones sociales en contextos particulares, cuando los límites de separación entre las variables de estudio y el propio contexto no se muestran evidentes.

Álvarez y San Fabián (2012), a partir de las aportaciones de distintos autores han confeccionado un catálogo de características básicas que presentan los estudios de caso y que los distinguen de otros enfoques metodológicos de corte cualitativo (tabla 3.1).

Guba y Lincoln (1981, citado por Morales y Domene, 2006) diferencian cuatro tipos de estudios de casos para la evaluación en función del contenido:

- a) Hacer una crónica o llevar un registro de hechos/situaciones/procesos más o menos cómo han sucedido.
- b) Representar y describir situaciones.
- c) Enseñar, proporcionar conocimiento o instruir sobre un caso. En ocasiones se ha utilizado como modalidad de aprendizaje para la formación, ya que permite estudiar situaciones-problemas concretos y tomar decisiones ante estos problemas.

Así se convierte el estudio de casos en una técnica didáctica que permite un marco de discusión y debate sobre un caso.

- d) Evaluar o comprobar y/o contrastar los efectos, relaciones o circunstancias que se dan en una determinada situación.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS DE CASO
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descripción contextualizada del objeto de estudio, lo que permite poner de manifiesto las relaciones entre un fenómeno o situación particular y el escenario donde se desarrolla. ▪ Implican un análisis holístico de la realidad observada, donde el investigador debe procurar una visión profunda y completa y reflejando la complejidad de la misma. ▪ Deben reflejar la peculiaridad y particularidad de cada caso a través de una descripción densa y fiel del fenómeno o problema observado. ▪ Presentan naturaleza heurística que debe facilitar la comprensión acerca del fenómeno objeto de estudio. ▪ No presentan un enfoque hipotético: se observa y se extraen conclusiones. ▪ Se centran en las relaciones e interacciones y por tanto, exigen la participación del investigador en el desarrollo del caso: tanto los participantes como el investigador forman parte del caso. ▪ Estudian fenómenos contemporáneos analizando aspectos de interés de los mismos, lo que exige del investigador que se mantenga un tiempo suficiente en el campo. ▪ Se dan procesos de negociación constante entre los participantes y el investigador: sobre los roles durante el estudio, el uso de la información obtenida, etc. ▪ Incorporan múltiples fuentes de datos, lo que exige un análisis de los mismos con carácter global e interrelacionado. ▪ Se lleva a cabo un razonamiento de tipo inductivo, lo que exige una descripción rigurosa y pormenorizada del proceso investigador seguido.

Tabla 3.1. Caracterización metodológica de los estudios de caso (según Álvarez y San Fabián, 2012).

Coller (2005) presenta una posible tipología de casos a partir de seis parámetros: según el objeto de estudio, alcance, naturaleza, época de desarrollo, uso, número de casos. Ello hace que pueda hablarse de múltiples modalidades de estudios de caso: específicos, genéricos, ejemplares, únicos, típicos, históricos, contemporáneos, exploratorios, descriptivos, explicativos, múltiples, etc.

De acuerdo a su naturaleza y objetivos, los estudios de caso abarcan una importante variedad de técnicas de recogida de información cualitativa de distintas fuentes: observaciones, análisis de documentos, grabaciones en audio, vídeo, notas de campo, diarios, entrevistas, etc., donde los datos objeto de análisis son las palabras y las imágenes que transmite los sujetos participantes (Cebreiro y Fernández Morante, 2004).

Aunque existe una red de criterios para determinar cuándo es conveniente desarrollar una investigación educativa en términos de un estudio de casos (Álvarez y San Fabián, 2012), se muestra como una metodología particularmente válida cuando se desea estudiar fenómenos contemporáneos, con múltiples facetas y variables y fuertemente dependientes del contexto donde se desarrollan, sobre los que el investigador posee poca o nula capacidad de control o manipulación y donde el interés se centra en plantear y res-

ponder a preguntas explicativas del tipo “cómo” o “por qué” (Yacuzzi, 2005; Yin, 1989). En esta línea, es particularmente adecuado para el análisis intensivo y profundo de unos pocos ejemplos de ciertos fenómenos (Goetz y Le Compte, 1988).

Son tres los rasgos que los estudios de caso aportan a la investigación de los fenómenos educativos (Cebreiro y Fernández Morante, 2004):

- a) Especial énfasis en las observaciones basadas en extensos informes descriptivos
- b) Interés por la descripción de las conductas observadas en su contexto natural.
- c) Preocupación por la perspectiva de los participantes acerca de los hechos.

A pesar de sus bondades y potencialidad en el campo educativo, como todos los métodos cualitativos, el estudio de casos presenta sus desventajas y limitaciones. Quizá las más recurridas en la literatura consultada sean, por un lado, la dificultad de generalización y transferencia de los hallazgos y conclusiones obtenidas a otros “casos” o poblaciones de muestra; y por otro lado, la subjetividad del investigador y pérdida de rigor del proceso investigativo, aún cuando existen formas de actuación para evitar o paliar estos problemas (Patton, 1987; Stake, 2005; Walker, 1983; Yin, 1989).

Según lo expuesto, creemos que el enfoque metodológico basado en el estudio de casos se muestra oportuno a los objetivos de nuestra investigación; ahora bien, dadas las distintas formas plantear los estudios de caso, debemos precisar que en este trabajo se plantean como estrategia para abordar el análisis minucioso de un proceso particular en contextos concretos, y cuya elección se basa en el interés que dicho estudio conlleva para el propio investigador. Desde esta premisa, debemos recordar que parte de esta investigación se focaliza en obtener información relevante acerca del diseño, puesta en práctica y evaluación de propuestas didácticas, la participación de los estudiantes y las actuaciones docentes, todo ello en el contexto real del aula.

3.2. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Como se ha indicado en el capítulo I, este trabajo de tesis se enmarca en el proyecto de investigación COMPCIEN 10-16 (Blanco, España y González, 2010), en el que se ha desarrollado un enfoque para la planificación y diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje que integre el desarrollo de competencias con el tratamiento de problemas relevantes de la vida diaria (Blanco, Franco y España, 2015).

El trabajo que aquí se expone es uno de los que se han utilizado para delimitar y desarrollar dicho enfoque. En concreto, esta investigación supone su aplicación al desarrollo de una propuesta didáctica centrada en el “consumo de agua de bebida envasada” como contexto para el desarrollo de competencias científicas en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO).

Consideramos que, tanto desde el punto de vista del diseño educativo como del desarrollo de competencias, la utilización de este contexto plantea un reto que se concreta en encontrar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo utilizar el “consumo de agua de bebida envasada” como contexto para propiciar el desarrollo de competencias científicas por parte de alumnado de la Educación Secundaria Obligatoria?

Responder a esta pregunta requiere realizar un buen número de concreciones y precisiones que iremos detallando. En primer lugar, resulta oportuno acotar cómo se entiende o se va a utilizar este contexto en el ámbito concreto del diseño educativo, lo que puede dar lugar a distintas estrategias instruccionales. En este caso, se ha optado por el diseño de una secuencia didáctica, o secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA), para la Educación Secundaria Obligatoria con el objeto de desarrollar competencias científicas desde un enfoque de enseñanza basada en el contexto.

En segundo lugar, el desarrollo de una herramienta educativa de estas características requiere articular los siguientes tres aspectos fundamentales siguientes:

- a) El tratamiento educativo de un problema de la vida diaria como es el consumo de agua de bebida envasada (embotellada)².
- b) El desarrollo de competencias científicas por parte de los estudiantes.
- c) La construcción de conocimiento científico relevante en el currículum de ciencias de la ESO, como puede ser el relacionado con las disoluciones.

De esta manera, la elaboración de este instrumento educativo, esto es, la planificación y diseño, la construcción y validación de la secuencia didáctica, se convierten en el foco central de esta investigación. Desde este posicionamiento debemos encuadrar este trabajo de tesis en el paradigma de las “investigaciones basadas en el diseño” presentado en el apartado primero de este capítulo.

Bajo este paradigma metodológico “la investigación” debe entenderse en dos sentidos diferentes. Por un lado, se requiere que el diseño de la SEA esté basado en los resultados de la investigación, es decir, que la toma de decisiones al respecto esté basada en las evidencias disponibles sobre los tres aspectos antes citados que deben quedar integrados y articulados en la SEA.

Además, el propio proceso de implementación y evaluación de la SEA diseñada debe constituir una investigación, lo que requiere de la toma de decisiones sobre cómo se va a desarrollar el seguimiento de su puesta en práctica y evaluación. Por las características de este trabajo se ha optado por una metodología de corte cualitativo basada en los estu-

² Tal como se indicó en la nota a pie de la página 9, en este trabajo se utilizan los términos “envasada” y “embotellada” con un sentido equivalente y de manera indistinta.

dios de caso, cuyos aspectos básicos también hemos presentado en el primer apartado de este capítulo.

3.2.1. Las preguntas de investigación

Con objeto de poder responder a la pregunta general de investigación antes formulada y de acuerdo con las características del problema seleccionado, esta tesis se plantea responder a las siguientes preguntas de investigación más concretas:

A. ¿Constituye el “consumo de agua de bebida envasada” un contexto educativo adecuado para su utilización en la enseñanza de las ciencias?

Abordar esta primera cuestión requiere, en primer lugar, analizar “el consumo de agua envasada” desde una perspectiva amplia, con objeto de identificar qué dimensiones del mismo tienen más potencialidad educativa; en segundo lugar, qué criterios se muestran relevantes en este sentido, y en concreto, qué argumentos didácticos pueden identificarse al respecto.

B. ¿Cómo integrar en una secuencia didáctica el tratamiento de aspectos concretos del consumo de agua de bebida, el desarrollo de competencias científicas por parte de los alumnos y la construcción de conocimiento científico acerca de las disoluciones?

En el marco de las investigaciones basadas en el diseño responder a esta pregunta implica plantearse otras varias, que se detallan seguidamente:

1. ¿Qué situaciones relevantes del contexto se seleccionan para su tratamiento didáctico en el aula?
2. ¿Cómo entender el concepto de competencia científica?
3. ¿Qué enfoque/s de enseñanza elegir para el tratamiento didáctico del contexto en el aula y el desarrollo de competencias?
4. ¿Qué dificultades de aprendizaje, concepciones previas, creencias, etc., pueden estar implicadas en la enseñanza de los contenidos con el tema a tratar?
5. ¿Qué modelo de planificación de SEAs utilizar?

C. ¿Qué sucede cuando se implementa la versión final de la secuencia didáctica en el aula?

Responder a esta pregunta supone asumir un enfoque metodológico para el seguimiento de la implementación, optándose como se ha indicado anteriormente, por un estudio de caso y la descripción pormenorizada de su puesta en práctica. Se trata de valorar en qué

medida la puesta en práctica se ajusta al diseño de la SEA y qué problemas y dificultades se plantean cuando se lleva al aula en contexto real, como el de un centro de educación secundaria.

D. ¿Es adecuada la secuencia didáctica para la finalidad prevista?

Esta pregunta implicar valorar en qué medida, tanto el diseño como la puesta en práctica de la versión final de la SEA, responden a la finalidad prevista, teniendo en cuenta la singularidad que representa un estudio de caso. Para ello, es necesario responder a las siguientes preguntas más concretas:

1. ¿Qué valoración hacen los estudiantes de la SEA?
2. ¿Qué valoración hace el profesor de la SEA?
3. ¿Proporciona la SEA oportunidades para que los estudiantes aprendan sobre el problema del consumo de agua y propicie el desarrollo de competencias científicas?
4. ¿Qué cambios o modificaciones se deben plantear en esta SEA tras su puesta en práctica? (en relación a su diseño y su puesta en práctica).

3.3. ESQUEMA GENERAL Y ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

Declarados el problema central de nuestra investigación y las preguntas a resolver, así como las bases para su fundamentación metodológica, en este epígrafe se detalla otro momento de interés del proceso investigativo como es su diseño, esto es, el plan sobre cómo abordar los interrogantes de la investigación planteados en el apartado 3.2.

Algunas de las preguntas de la investigación giran en torno a la caracterización del contexto del agua de bebida embotellada, otras al análisis de su posible tratamiento educativo en el aula, mientras que un tercer tipo se refiere a cómo integrar aspectos de este contexto en una secuencia didáctica.

La investigación se ha diseñado para abordar de manera secuencial cada uno de estos aspectos clave, proceso que se resume gráficamente en la figura 3.3. Como puede apreciarse la investigación se ha estructurado en dos grandes bloques, a los que nos referiremos como “estudios preliminares” y “estudio principal”, respectivamente.

El proceso investigativo encuadrado en los estudios preliminares recoge dos momentos o etapas a destacar: el análisis del contexto y su posible tratamiento educativo. Así, y tras caracterizar el “consumo de agua de bebida envasada” como problemática de carácter sociocientífico, se plantea el análisis de este contexto en términos de su potencialidad didáctica, para lo que se procede a realizar un inventario de opiniones, ideas y creencias de estudiantes de distintos niveles educativos sobre el agua de bebida envasada (embotellada) y el agua de abastecimiento de la red pública (agua del grifo).

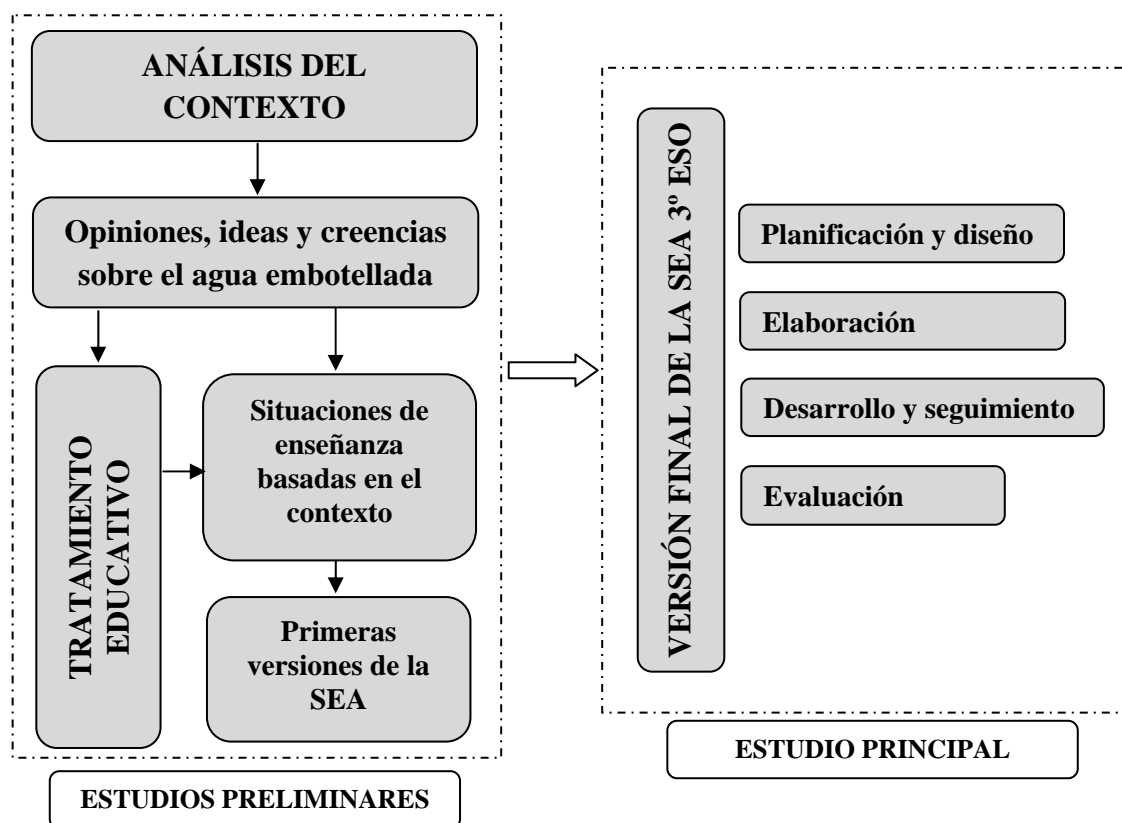


Figura 3.3. Estructura y etapas de la investigación.

Un segundo momento investigativo de importancia arranca con la selección y análisis de aquellas situaciones de enseñanza basadas en el contexto que pueden mostrarse relevantes para su tratamiento en el aula. A partir de estos tópicos se procede a la elaboración de unas primeras versiones de nuestra propuesta didáctica que abordamos, como se ha indicado anteriormente, en forma de secuencia didáctica. Estas propuestas se llevaron a la práctica durante dos cursos académicos consecutivos con alumnos y alumnas de 4º ESO y 3º ESO, y comprenden sendos estudios de caso. Dedicaremos el capítulo IV a la presentación de los principales resultados en relación con estos estudios preliminares.

El estudio principal, núcleo central de este trabajo, engloba el proceso de diseño y elaboración de la versión final de la propuesta didáctica en torno al consumo de agua embotellada (que presentaremos en el capítulo V), así como el análisis del seguimiento de su puesta en práctica (capítulo VI) y valoración (capítulo VII). El estudio principal se llevó a cabo en el curso escolar inmediatamente posterior a la conclusión de los estudios preliminares. En el mismo participaron estudiantes de 3º ESO y se desarrolla, igualmente, bajo el enfoque metodológico basado en los estudios de caso.

Si bien el proceso de diseño de la investigación, a efectos expositivos, se ha mostrado en términos de una “sucesión continua” de momentos de investigación, debemos precisar que las distintas acciones y tareas realizadas no se desarrollaron de forma lineal. De hecho, debemos recordar que uno de los pilares metodológicos que sustenta nuestro trabajo se encuentra en el paradigma de las investigaciones basadas en el diseño, donde

el proceso de investigación tiene lugar en ciclos de intervención en el aula, análisis y rediseño (DBRC, 2003), tal como se muestra en la figura 3.4.

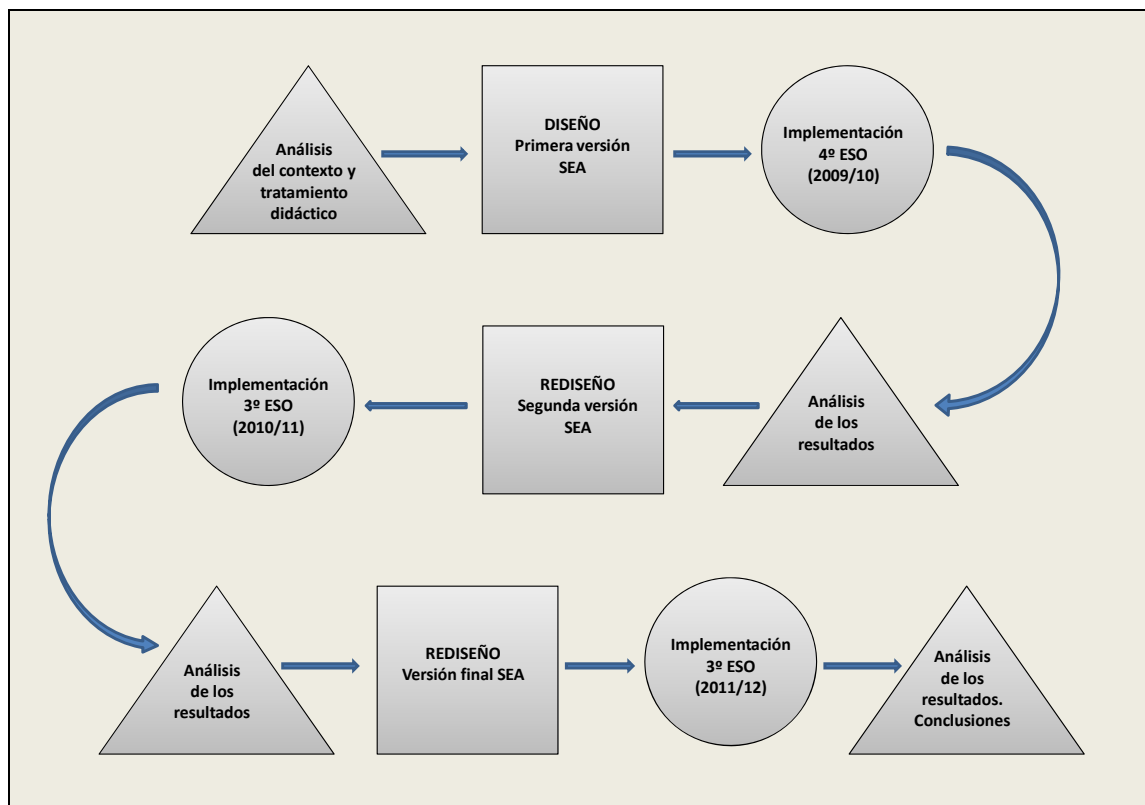


Figura 3.4. Proceso iterativo de la investigación: momentos de análisis, diseño e implementación.

La elección de los niveles educativos para la puesta en práctica de las distintas versiones de la secuencia didáctica fue intencional por parte del autor de la investigación. Así, se creyó oportuno que el primer diseño de la SEA fuera implementado con estudiantes de 4º ESO (opción científica) por varios motivos. En primer lugar, la materia de Física y Química en este curso tiene carácter optativo, lo que suele traducirse en un mejor rendimiento académico y en un mayor interés de los estudiantes hacia dicha disciplina. En segundo lugar, este alumnado había recibido una formación más amplia en ciencias, y en concreto, había recibido instrucción en relación a las disoluciones como sistemas materiales, por lo que se consideró de interés examinar cómo aplicaban estos conocimientos de química al contexto elegido.

Puesto que el estudio cuantitativo de las disoluciones en esta etapa se suele abordar con la materia de Física y Química, de carácter obligatorio en 3º ESO, se consideró la necesidad de presentar una segunda versión de nuestra SEA dirigida a este curso, con el objeto de analizar de qué manera podían integrarse los aspectos del contexto del agua de bebida con la construcción de conocimiento químico en torno al tópico de las disoluciones.

En definitiva, la primera versión de nuestra propuesta didáctica utiliza la problemática en torno al agua de bebida (embotellada y del grifo) como contexto de aplicación de

conocimiento y se destina a estudiantes de 4º ESO. Una versión más completa, al presentar la misma problemática no solo como contexto de aplicación sino de construcción de conocimiento, se implementa en 3º ESO (Blanco, Franco y España, en prensa). Por otro lado, esta doble implementación nos permitía comparar las opiniones de los estudiantes con distintos perfiles en cuanto a madurez, rendimiento, intereses y conocimientos acerca de la temática elegida.

En relación al estudio principal, para la implementación de la versión final de la SEA se consideró que el tercer curso de ESO se mostraba como el más adecuado, dado que el estudio de las disoluciones, básico en la propuesta didáctica, quedaba vinculado curricularmente con este nivel, lo que exigía que el conocimiento químico quedara integrado de “forma natural” con el tratamiento de la problemática planteada.

3.4. PARTICIPANTES

En este apartado del capítulo se detallan los participantes en cada uno de los estudios que forman parte del proceso investigativo.

3.4.1. Estudiantes que participan en la exploración y caracterización del contexto

De acuerdo a lo indicado en el diseño de la investigación, para explorar las razones por las que los estudiantes eligen consumir agua de bebida envasada como alternativa al agua de la red pública e indagar acerca de las opiniones y creencias sobre este producto, se cuenta con una muestra de 261 estudiantes de distintos niveles educativos, tal como se indica en la tabla 3.2.

CURSO ESCOLAR	NIVEL	INTERVALO DE EDADES	NÚMERO DE ESTUDIANTES	CENTRO
2007/2008 (febrero)	4º ESO	15 – 16 años	20	IES LBS
	2º Bachillerato	17 – 18 años	27	
2007/2008 (mayo)	1º Magisterio	18 – 22 años	59	UMA
2008/2009 (noviembre)	1º Magisterio	18 – 22 años	87	
2009/2010 (abril)	3º ESO	14 – 15 años	68 (26 + 23 + 19)	IES LBS IES LIT IES MAY

Leyenda: IES LBS = IES Luis Barahona de Soto (Archidona); UMA = Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga; IES LIT = IES Litoral (Málaga); IES MAY = IES Mayorazgo (Málaga).

Tabla 3.2. Participantes en el análisis del contexto (estudio preliminar).

Entendemos que la muestra seleccionada es suficientemente amplia abarcando, a lo largo de varios cursos escolares y distintos centros educativos, alumnado de muy distintas edades y niveles de formación: estudiantes de 3º ESO, 4º ESO y 2º Bachillerato en todas sus modalidades (científicas y no científicas), así como estudiantes de primer curso de Magisterio, con una franja de edad predominante entre los 14 y 22 años, aunque en el estudio de Magisterio, participaron estudiantes con más edad a la indicada (hasta 46 años). Esta elección se fundamenta en conseguir una holgada perspectiva sobre las ideas que maneja una amplia representación de estudiantes acerca del consumo de agua de bebida envasada.

3.4.2. Estudiantes que participan en el desarrollo de la propuesta didáctica

Para avanzar en el tratamiento educativo del contexto, la segunda etapa de los estudios preliminares aborda el diseño y elaboración de dos primeras versiones de la propuesta didáctica en torno al consumo de agua de bebida embotellada. En su implementación y desarrollo en el aula participaron 46 estudiantes de ESO a lo largo de dos cursos académicos (4º curso y 3º curso, respectivamente). Por otro lado, en el estudio principal, y en relación a la implementación de la versión definitiva de la propuesta didáctica, participaron un total de 25 alumnos y alumnas de 3º curso de ESO (tabla 3.3).

ETAPA	CURSO ESCOLAR	GRUPO	NÚMERO DE SESIONES	NÚMERO DE ESTUDIANTES
Estudios preliminares	2009/2010 (abril)	4º ESO A (ciencias)	4	23 (10 chicos y 13 chicas)
	2010/2011 (marzo)	3º ESO B	7	20 (10 chicos y 10 chicas)
Estudio principal	2011/2012 (mayo)	3º ESO A	13	25 (4 chicos y 21 chicas)

Tabla 3.3. Participantes en el desarrollo de la propuesta didáctica.

En todos los casos, la puesta en práctica de las distintas versiones de la secuencia didáctica se llevó a cabo en el IES Luis Barahona de Soto de Archidona (Málaga), donde ejerce como profesor de Física y Química el autor de esta investigación, como ya se comentó en la *Introducción* de esta memoria (capítulo I).

Finalmente, indicar que los estudiantes participantes habían recibido hasta el momento de la implementación una enseñanza tradicional en la materia de Física y Química, por lo que nunca habían trabajado con un enfoque de enseñanza para el desarrollo de competencias basado en el tratamiento de contextos reales, según indagaciones informales realizadas por el profesor.

Algunas consideraciones éticas

Debemos aclarar que todos los participantes fueron debidamente informados del objetivo de la investigación y del uso que se haría de los datos recabados. A este respecto, los alumnos y alumnas menores de edad contaron con la autorización expresa de sus padres o tutores legales, a quienes les fueron requeridos los correspondientes permisos firmados asegurándose, en todo caso, el respeto a su confidencialidad.

De la misma forma, fueron informados los Departamentos Didácticos y los Directores de los centros participantes, así como los compañeros de trabajo del autor. Queremos dejar constancia de que todos ellos brindaron desinteresadamente su participación y mostraron una excelente colaboración con la investigación.

Para mantener el anonimato de los participantes, en los análisis y resultados que se expondrán a lo largo de esta memoria de tesis se utilizará la siguiente codificación:

- En los estudios preliminares, que abarcan varios cursos escolares, los participantes se identifican mediante un código formado por los dos últimos dígitos del año en que se lleva a cabo el estudio más un número de orden. Así, el código E0830 representa al estudiante núm. 30 del año 2008, mientras que el código E0950 hace referencia al estudiante núm. 50 del año 2009.
- En el estudio principal, que abarca un solo curso escolar, se opta, únicamente, por utilizar un número de orden (con dos dígitos) para identificar a los participantes: E01, E02, etc.

3.5. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN

En este epígrafe se presentan, en forma sintética, las diferentes técnicas e instrumentos utilizados para la obtención de los datos de la investigación. La descripción detallada de cada uno de ellos irá apareciendo a lo largo de los próximos capítulos conforme vayamos presentando los resultados correspondientes a las distintas etapas del proceso investigativo.

3.5.1. Instrumentos de investigación para la etapa de exploración y caracterización del contexto

Para recabar información sobre las opiniones, ideas y creencias de las distintas muestras de estudiantes en la primera etapa de los estudios preliminares, se utilizaron básicamente los dos instrumentos de investigación que se detallan seguidamente.

Producciones escritas de los estudiantes

Se trata de las respuestas de los participantes a dos cuestiones abiertas sobre el contenido de un anuncio publicitario de una conocida marca de agua de bebida embotellada en España (disponible en anexo I que acompaña a esta memoria de investigación), el cual se describirá en el apartado 4.2.1. Este fue el instrumento básico del estudio realizado en el curso escolar 2007/2008 con estudiantes de 4º ESO y 2º Bachillerato.

Cuestionario escrito

Se trata de un cuestionario ideado ex profeso –consta de 14 ítems–, que plantea cuestiones tanto de tipo abierto como cerrado, agrupadas en cuatro bloques según su finalidad (puede consultarse en el anexo IIA). Se pretende que este cuestionario aporte información sobre hábitos de consumo de agua de bebida embotellada, razones para el consumo, diferencias entre este tipo de agua y el agua del grifo, etc., y que se describirá de forma detallada en el epígrafe 4.2.2. Este instrumento fue utilizado en el estudio realizado con estudiantes de Magisterio a lo largo de los cursos 2007/2008 y 2008/2009.

Con los estudiantes de tercer curso de ESO se utiliza una versión simplificada y adaptada del cuestionario anterior que consta de 8 ítems. A las finalidades expresadas en el punto anterior, en este caso, se suma la de conocer la opinión de los participantes sobre los posibles efectos de la presencia de “cal” en el agua de abastecimiento público (puede consultarse en el anexo IIB).

3.5.2. Instrumentos de investigación para el desarrollo de la propuesta didáctica

La descripción del desarrollo de la puesta en práctica de la propuesta didáctica y la recolección de datos durante estas etapas del proceso investigativo, se realizan bajo el enfoque cualitativo de los estudios de caso, como ya hemos indicado. La implementación de las tres propuestas didácticas se llevó a cabo en las condiciones normales de aula, mediante sesiones de 60 minutos de clase. Tanto la instrucción como el proceso de seguimiento del desarrollo fueron realizados por el docente autor de esta tesis, quien adoptó el rol de investigador y observador participante.

Para la descripción de estos estudios de caso, y al objeto de conseguir la máxima coherencia metodológica, se utilizan, con carácter complementario, múltiples fuentes de datos: grabaciones en audio y vídeo, producciones escritas de los estudiantes, notas y diarios de clase, cuestionarios de valoración, así como el informe sobre la puesta en práctica de la versión final de la SEA.

A modo de síntesis, en la tabla 3.4 se muestran las técnicas e instrumentos utilizados para recabar información sobre el seguimiento y desarrollo de la puesta en práctica de las distintas versiones de nuestra propuesta didáctica.

RECOGIDA DE DATOS	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN
Instrumentos de primer orden	Instrumentos de segundo orden
<ul style="list-style-type: none"> - Grabaciones (en audio y vídeo) de las sesiones de clase. - Notas de clase. - Diario del profesor. - Producciones escritas de los estudiantes. - Cuaderno de trabajo. - Cuestionarios de valoración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Informe de la puesta en práctica.

Tabla 3.4. Técnicas e instrumentos de investigación para el desarrollo de la propuesta didáctica.

Seguidamente se describen las características y el uso de estos instrumentos de investigación.

Grabaciones del desarrollo de las sesiones de clase

Sin duda, una de las principales técnicas para la obtención de datos sobre el desarrollo de la puesta en práctica del diseño didáctico, donde se registran las actuaciones de los estudiantes y el docente durante la intervención didáctica en el aula para su posterior análisis y revisión.

En la implementación llevada a cabo en el curso 2010/2011 se grabaron en audio 5 de las 7 sesiones de la puesta en práctica, mientras que la puesta en práctica de la propuesta ensayada durante el curso escolar 2011/2012 fue grabada íntegramente en vídeo, ambas con estudiantes de 3º ESO.

Notas de clase y diario del profesor investigador

Durante la implementación el profesor llevó un registro de observación del desarrollo de cada una de las sesiones de clase, en el que recogió en un diario anotaciones de interés sobre la descripción de la dinámica del aula, actividades desarrolladas, situaciones relevantes, comentarios realizados por los estudiantes, etc., lo que constituye un importante elemento de juicio para la valoración del desarrollo de la puesta en práctica de la experiencia didáctica. Para la confección de estos registros el autor se basó, de manera importante, en las recomendaciones de Porlán (Porlán y Martín, 1999) y Pro (Pro, 2011b) sobre cómo elaborar y utilizar el diario de profesor como herramienta de investigación.

Los diarios de clase, en su tenor literal, pueden consultarse en el anexo III (con la siguiente distribución: anexo IIIA, estudio preliminar en 4º ESO; anexo IIIB, estudio preliminar en 3º ESO; anexo IIIC, estudio principal en 3º ESO, respectivamente).

Producciones escritas de los estudiantes

Bajo esta consideración se incluyen las respuestas de los estudiantes al cuaderno de trabajo, los informes de investigación en pequeño grupo y la prueba escrita de evaluación.

Como documento de interés el cuaderno de trabajo recoge las respuestas de los estudiantes a las actividades planteadas a lo largo de las varias versiones de la secuencia didáctica ensayadas, lo que nos permite realizar un seguimiento de su trabajo diario, de su grado de implicación, y de forma colateral, del interés de los estudiantes sobre las cuestiones relacionadas con el contexto del agua de bebida. Las diferentes versiones de los cuadernos de trabajo utilizados pueden consultarse, de manera íntegra, en el anexo IV de esta memoria (anexo IVA, cuaderno de trabajo utilizado en el estudio preliminar con 4º ESO; anexo IVB, cuaderno de trabajo utilizado en el estudio preliminar con 3º ESO; anexo IVC, cuaderno de trabajo utilizado en el estudio principal con 3º ESO).

Otro documento de especial interés lo constituye la prueba escrita de evaluación que suministra información relevante sobre la aplicación de los contenidos que se desarrollan en la SEA a distintas situaciones relacionadas con el contexto del agua de bebida embotellada, así como del grado de desempeño de los estudiantes en sus competencias científicas en situaciones relacionadas con dicho contexto (las dos pruebas escritas de evaluación se encuentran disponibles en los anexos VA y VB, para los estudios preliminar y principal, respectivamente). Indicar, asimismo, que en el capítulo VII se presentará una descripción exhaustiva de la prueba aplicada y los resultados obtenidos, como parte del estudio principal.

Cuestionario escrito de valoración de los estudiantes

El cuestionario de valoración consta de seis ítems, que combina cuestiones de tipo abierto y cerrado (véase anexo VI). Se trata de obtener y registrar datos desde la perspectiva de los estudiantes, esto es, conocer la opinión, interés y percepción de los alumnos y alumnas participantes sobre el contenido de la propuesta y su desarrollo en el aula.

Fue administrado a los dos grupos de estudiantes de 3º ESO tras finalizar la implementación de los estudios preliminares y principal (cursos 2010/11 y 2011/12, respectivamente). Para aumentar la confianza de los estudiantes el cuestionario fue aplicado de manera anónima.

Informe de la puesta en práctica de la versión final de la secuencia didáctica

El seguimiento de la aplicación de la secuencia didáctica en el aula durante el estudio principal, junto con la información obtenida de los instrumentos de primer orden antes citados (grabación de las sesiones, diario del profesor, cuaderno del alumnado, cuestionarios de valoración), nos ha permitido elaborar un nuevo instrumento con un carácter más integral, que complementa a los que ya disponíamos, para analizar y valorar el desarrollo de la secuencia en el aula: el informe de la puesta en práctica.

Este nuevo instrumento debe entenderse de segundo orden en la medida en que no solo contiene la descripción pormenorizada de la puesta en práctica, sino que la propia puesta en práctica es objeto de análisis y valoración, de críticas y reflexión. No se pretende un instrumento perfectamente acabado, si bien, se ha ido adaptando y mejorando con continuas revisiones, tratando de mantener en todo momento la sistematización y el rigor necesarios a medida que profundizábamos una y otra vez en el seguimiento de la secuencia.

El informe de la puesta en práctica contiene valiosa información sobre un amplio conjunto de aspectos de la evolución y desarrollo de la puesta en práctica en el aula, de la participación de los estudiantes y el profesor. Desde esta perspectiva, ha sido utilizado para interpretar y comprender lo que sucedió durante la intervención real en el aula durante el estudio principal de esta investigación.

Otros instrumentos de recogida de información

También se recabó información complementaria acerca del desarrollo de la propuesta a través de otros tipos de instrumentos. Así, el director de tesis y otros tres doctorandos del Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga, en calidad de observadores externos, participaron en el seguimiento de algunas sesiones del desarrollo en el aula de las primeras versiones de la secuencia, quienes dejaron constancia de sus anotaciones a través de unas plantillas de observación confeccionadas con tal finalidad (pueden consultarse en el anexo VII), y que fueron utilizadas para la mejora en el diseño de varias de las actividades propuestas.

A ello hay que añadir varias “entrevistas” con estudiantes al finalizar algunas de las sesiones de trabajo durante el estudio principal, realizadas de manera informal por el profesor, a efectos de conocer la opinión de los participantes sobre el desarrollo y contenido de la propuesta, y que fueron integradas en el diario de clase del profesor.

3.6. ANÁLISIS DE DATOS

Tras la conformación de la muestra de participantes y la recolección de los datos, presentamos en este apartado algunas consideraciones generales acerca del proceso de organización e interpretación de los mismos.

Desde el punto de vista metodológico el análisis llevado a cabo se caracteriza por su estructura iterativa y recurrente y su carácter interpretativo. Debe encuadrarse en el seno del paradigma cualitativo, al que nos hemos referido más arriba, aunque combina en ciertos momentos técnicas o tratamientos propios de la metodología cuantitativa. Así, se integran descripciones estadísticas mediante la estimación de frecuencias y tablas de contingencia realizadas a través del paquete informático SPSS IBM en su versión 15.0.

En este orden de cosas, en las primeras etapas de la investigación nuestra atención se centra en el estudio e interpretación del contenido de las producciones escritas y de las respuestas textuales de los estudiantes a los cuestionarios presentados. Este análisis nos ha permitido codificar la información y encontrar un sistema de categorías y subcategorías para cada una de las dimensiones de interés planteadas, facilitando obtener una serie de conclusiones en relación a los resultados obtenidos (Dey, 2005). De la misma manera, se ha podido compendiar información relevante en torno a las razones y motivos de los participantes para consumir agua de bebida embotellada, diferencias entre el agua de bebida embotellada y el agua pública de la red, sus opiniones y creencias acerca del consumo de estos tipos de agua, etc.

En etapas posteriores de la investigación el análisis de los datos se realiza bajo el enfoque de los estudios de caso, en el marco más general del diseño educativo, y desde una perspectiva dinámica donde “el docente investiga al mismo tiempo que interviene” (Latorre, 2003). A tal fin, el autor de este trabajo ha recopilado distintos tipos de datos, como grabaciones de las sesiones de clase, diarios del profesor, producciones de los estudiantes, etc., con la intención de “explicar lo vivido”, a la vez que se busca comprender desde una perspectiva lo más amplia posible los procesos que se pusieron en práctica durante el desarrollo de la experiencia didáctica. Esta fase de trabajo incluyó la descripción pormenorizada y exhaustiva del seguimiento y desarrollo en el aula de la versión definitiva de la propuesta didáctica, a través de la elaboración de un extenso informe de la puesta en práctica como instrumento de segundo orden, tal como hemos comentado en el epígrafe anterior.

Para la valoración por parte de los estudiantes de la SEA implementada se procedió a la codificación y categorización de las respuestas textuales al cuestionario de valoración final, lo que nos ha permitido obtener una visión general del estado de opinión de los participantes en torno a los contenidos abordados y su desarrollo en el aula.

Para el análisis de la prueba escrita de evaluación se combinaron distintas técnicas de análisis, de acuerdo a la naturaleza de las tareas planteadas en términos de competencias: establecimiento de sistemas de categorías para clasificar en distintas tipologías las respuestas de los estudiantes; construcción y aplicación *ad hoc* de rúbricas o matrices (Goodrich, 2000) al objeto de valorar el grado de desempeño de los estudiantes en las distintas competencias científicas (argumentación, explicación e identificación) tras la intervención didáctica, etc.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

CAPÍTULO 4

ESTUDIOS

PRELIMINARES

- 4.1. El “consumo de agua de bebida envasada” como contexto de enseñanza–aprendizaje.**
- 4.2. Explorando ideas, opiniones y creencias sobre el consumo de agua de bebida embotellada.**
- 4.3. Situaciones de enseñanza basadas en el contexto del agua de bebida envasada.**
- 4.4. Tratamiento didáctico del contexto: primeras propuestas didácticas.**
- 4.5. Estudios preliminares: síntesis y conclusiones.**



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

En este capítulo se presentan los estudios preliminares que dieron lugar a la estructura y enfoque de la versión final de la secuencia de enseñanza y aprendizaje sobre el consumo de agua de bebida envasada que presentaremos en el próximo capítulo. Las conclusiones que se derivan de estos estudios preliminares contienen implicaciones importantes para el diseño de la versión final de la secuencia, como analizaremos posteriormente.

En esta propuesta didáctica se plantean diferentes situaciones de enseñanza-aprendizaje relacionadas con el consumo de agua de bebida envasada, como eje para contextualizar contenidos de ciencia y para el desarrollo de competencias científicas. Así, con estos estudios preliminares se ha pretendido identificar las “necesidades” de la secuencia didáctica, en el sentido de preparar el futuro proceso de diseño, así como clarificar y documentar esta fase preparatoria. De esta manera, los estudios preliminares se centraron en cuatro importantes aspectos:

- a) Análisis del “consumo de agua de bebida envasada” como posible contexto educativo.
- b) Exploración acerca de lo que los estudiantes saben o conocen sobre el problema que iba a ser objeto de atención en la secuencia didáctica, esto es, sobre el consumo de agua de bebida embotellada.
- c) Identificación de situaciones y problemas del contexto relevantes para su tratamiento didáctico en el aula, en forma de posibles situaciones de enseñanza.
- d) Diseño y desarrollo de unas primeras versiones sobre el tratamiento didáctico de esta problemática en el aula.

De acuerdo a lo indicado, el capítulo se estructura en cinco apartados. En el primero se presentan los argumentos educativos más relevantes que justifican y fundamentan la elección del “consumo de agua de bebida envasada” como posible contexto educativo útil y adecuado para la enseñanza y el fomento de competencias científicas.

En el segundo apartado se exploran las opiniones, ideas y creencias más importantes que manifiestan estudiantes de distintos niveles educativos (3º y 4º ESO, 2º Bachillerato

y primer curso de Magisterio) sobre el consumo de agua de bebida envasada (embotellada).

En el tercer apartado se identifican y seleccionan posibles situaciones de enseñanza relacionadas con el contexto del agua embotellada que pueden mostrarse relevantes para los estudiantes, y que deben formar parte de nuestra propuesta educativa.

En el cuarto apartado se exponen algunas características del diseño y elaboración de las primeras versiones de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, y se muestran algunos resultados del seguimiento de su desarrollo y puesta en práctica.

En el quinto, y último apartado, se presenta una síntesis de los principales resultados del proceso llevado a cabo en estos estudios preliminares, y se apuntan algunas conclusiones de interés para el diseño de la versión final de nuestra secuencia didáctica.

Finalmente, indicar que en el presente capítulo se abordará la primera de las preguntas de investigación planteadas en este trabajo (véase capítulo III): *¿Constituye el “consumo de agua de bebida envasada” un contexto educativo adecuado para su utilización en la enseñanza de las ciencias? (Pregunta A).*

4.1. EL “CONSUMO DE AGUA DE BEBIDA ENVASADA” COMO CONTEXTO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Como hemos puesto de manifiesto en el marco teórico (capítulo II), el diseño de propuestas educativas desde un enfoque de enseñanza contextualizada requiere, como tarea previa importante, la identificación y selección de aquellos contextos y situaciones en los que cobre sentido lo que se enseña y lo que se aprende (Caamaño, 2011; García Retana, 2011; Herreras y Sanmartí, 2012). Además, su tratamiento didáctico en el aula no solo debe mostrarse adecuado para el desarrollo de competencias científicas, sino que por su propio valor educativo puedan resultar relevantes para los estudiantes (Perrenoud, 2012).

Existen numerosas situaciones de la vida diaria que podrían ser foco de atención por su interés y relevancia para los estudiantes. En el proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo de tesis, COMPCIEN 10-16, se han identificado distintos contextos relevantes de la vida diaria en los que se puede desarrollar y aplicar las distintas competencias científicas (Blanco, España y Rodríguez, 2012; España, Blanco y Rueda, 2012). Más particularmente, en este proyecto se analiza el desarrollo de competencias científicas en el tramo 10–16 años mediante el tratamiento de problemas relevantes del entorno sociocultural de los alumnos y alumnas (Blanco, España y González, 2010).

Los dilemas sociales, y en particular, aquellos que están estrechamente relacionados con la ciencia vienen siendo recursos recurrentes tanto en la investigación didáctica como para su implementación en el aula en forma de propuestas didácticas (Díaz y Jiménez-Liso, 2012). Los problemas socio-científicos en los que existen grandes dosis de con-

troversia son objeto de atención en la Didáctica de la Ciencias Experimentales como contextos adecuados para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, e incluso, para hacer frente a los nuevos desafíos que surgen de una enseñanza basada en el desarrollo de competencias (Lupi3n y Prieto, 2005; Prieto, 2004; Prieto y Espa3a, 2010).

En esta investigaci3n partimos de la premisa de que el “consumo de agua de bebida envasada” puede brindar un conjunto de situaciones y problemas de inter3s que lo convierten en un contexto con potencial educativo, esto es, relevante y adecuado para incorporar propuestas did3cticas. Opinamos que ciertas controversias asociadas con el consumo de agua de bebida embotellada como alternativa al agua de la red p3blica (agua del grifo) son consideradas de inter3s por parte de la ciudadan3a, con importantes repercusiones en diferentes aspectos de la vida diaria de las personas, por ejemplo, en el 3mbito de la salud (Ferrier, 2001), pero tambi3n a nivel social con importantes implicaciones econ3micas y medioambientales (Arnold y Larsen, 2006; Gleick y Cooley, 2009).

No obstante, y aunque el agua embotellada se considera un producto cotidiano y presente en la vida diaria del estudiante su utilizaci3n como tem3tica para abordar la ense3anza de las ciencias debe considerarse escasa. De esta manera, la propuesta did3ctica que presentamos representa un proyecto de innovaci3n educativa en cuanto a la utilizaci3n educativa de este contexto en s3, como al desarrollo y fomento de competencias cient3ficas a partir de su tratamiento en el aula.

Antes de presentar las razones que nos llevan a considerar la potencialidad de este contexto desde el punto de vista educativo, y con objeto de ofrecer un adecuado marco para su compresi3n, presentaremos seguidamente algunas consideraciones acerca del consumo de agua de bebida embotellada como problema tecnocient3fico y su relevancia social.

4.1.1. El “consumo de agua embotellada” como controversia socio-cient3fica

Para Jim3nez Alexandre (2010) son cuestiones o problemas socio-cient3ficos aquellos dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones cient3ficas, pero que implican, por su naturaleza, a otros campos a nivel econ3mico, pol3tico, cultural, 3tico, medioambiental, etc. Este tipo de disyuntivas devienen en problemas complejos por su car3cter abierto y multidisciplinar, para los cuales el conocimiento cient3fico no siempre aporta respuestas claras por las diferentes perspectivas en cuanto a su interpretaci3n y planteamiento, y donde distintos puntos de vista y opiniones enfrentadas ocupan un papel central (Albe, 2007; Espa3a y Prieto, 2010).

Un problema que afecta a los ciudadanos, en particular en los pa3ses desarrollados, es el de decidir de manera responsable y fundamentada qu3 tipo de agua de bebida es mejor consumir, del grifo o envasada (embotellada): la controversia ya viene de lejos (Ferrier, 2001).

Necesitamos agua para que nuestro cuerpo funcione correctamente, pero muchos ciudadanos suelen dudar, con razón o no, de la seguridad del agua de abastecimiento público, considerada como un tipo de agua “poco saludable”. Por otro lado, las continuas campañas de marketing por parte de las empresas embotelladoras y la influencia de la publicidad (figura 4.1), entre otros factores, han hecho que de manera importante muchos ciudadanos aumenten su interés por el agua de consumo embotellada, apreciada por su “pureza” y en el cuidado de la salud (Da Cruz, 2006).



Figura 4.1. ¿Las maravillosas propiedades del agua embotellada? (Tomado de Gavidia, 2009).

En las últimas décadas venimos asistiendo al fenómeno del importante aumento, a escala mundial, en el uso de agua de bebida embotellada, de manera que un producto de consumo que apenas existía hace unas pocas décadas se ha convertido en un elemento casi indispensable de nuestro modo de vida, que los consumidores perciben como una alternativa de superior calidad al agua ordinaria que podemos obtener del grifo (Ferrier, 2001; Royte, 2008).

En paralelo al crecimiento en la utilización del agua embotellada aumenta también la controversia sobre su empleo (Arnold y Larsen, 2006), motivo de importantes polémicas, debates y conflictos entre los distintos agentes implicados: ciudadanos, investigadores, empresas embotelladoras (figura 4.2).



Figura 4.2. ¿Agua embotellada completamente natural? (Fuente: El Mundo, 2004).

Como problema socio-científico las implicaciones y polémicas que se asocian con el consumo de agua embotellada afectan a los ciudadanos a escala planetaria. Seguidamente indicamos algunas cuestiones controvertidas en torno a dicho consumo, de acuerdo a la literatura consultada:

- ¿Necesitamos consumir agua embotellada para estar más sanos? ¿Hidrata más o mejor nuestro cuerpo? ¿Adelgaza el agua embotellada? ¿Es necesaria el agua embotellada para mantener una dieta equilibrada? ¿Representa el agua embotellada un producto para el cuidado de la salud? ¿Representa un producto puro y natural con absolutas garantías de seguridad? ¿Es el agua embotellada un agua de mayor calidad frente al agua del grifo? ¿Es “científica” la publicidad del agua embotellada?
- ¿Es inocua la industria del agua embotellada? ¿Se puede privatizar el agua? ¿Es un problema geopolítico la comercialización del agua? ¿Qué costes medioambientales implica el consumo de agua embotellada? ¿Es necesario transportar agua embotellada a miles de kilómetros desde su planta embotelladora?
- ¿Es ético vender agua embotellada para mascotas mientras que parte de la población mundial no tiene acceso al agua potable? ¿Es ética la apropiación territorial del agua por las grandes empresas? ¿Es ética la consideración del agua como mercancía en vez de como derecho humano?

Como se observa, el consumo de agua embotellada conlleva importantes implicaciones a nivel personal, en relación al cuidado de la salud, de tipo socioeconómico, medioambientales, políticas y éticas (Ferrier, 2001; Velásquez y Dinarés, 2011). Los aspectos

citados requieren por parte de los ciudadanos la toma de decisiones en asuntos relevantes que afectan a sus vidas, conformando un escenario donde el acceso a la información, la ciencia y la tecnología juegan un papel importante (Jiménez y Otero, 2012), en cuya toma de conciencia se involucran los valores, las actitudes y creencias de los consumidores (Rodríguez Mora y Blanco, 2009, 2012).

Si la utilización del agua embotellada como mercancía es uno de los fenómenos de mayor crecimiento en los últimos años en todo el mundo, en igual medida crece el interés hacia las implicaciones y controversias sobre su empleo (Arnold y Larsen, 2006; Gleick y Cooley, 2009). Así, en relación al consumo de agua embotellada se han desatado en el mundo múltiples debates y desde distintas perspectivas: impacto sobre la salud (Shotyc, Krachler y Chen, 2006); impacto medioambiental (Denehy, 2008; Wilk, 2006); impacto económico; impacto social y cultural (Ceron, 2010).

Ahora bien, es cierto que muchos de estos análisis son relativamente novedosos y bastante complejos, para los cuales no existen, o se disponen de pocos, estudios rigurosos. No podemos negar las distintas vertientes y dimensiones asociadas con la cultura del agua embotellada. Seguidamente presentaremos algunos de estos aspectos con mayor profundidad.

4.1.1.1. El agua como mercancía: el negocio del agua embotellada

Aunque hemos crecido bebiendo agua directamente del grifo en la actualidad muchos de nosotros preferimos pagar por beber agua embotellada. Hemos aprendido a aceptar que debemos pagar por disponer de un producto que puede obtenerse todavía de forma casi gratuita en los grifos de nuestras casas (Lee y Carter, 2012; Wilk, 2006).

Según Ferrier (2001) el agua embotellada irrumpe de manera masiva en los mercados en la década de los años 70 (no hace más de 50 años) cuando las grandes corporaciones del sector de bebidas envasadas, comienzan a vislumbrar en el “agua como mercancía” un lucrativo negocio asociado con su privatización, producción y distribución masiva. Desde entonces, el consumo de agua de bebida embotellada no ha parado de crecer año tras año, y de acuerdo con el *Worldwatch Institute*, el consumo mundial de agua embotellada se ha cuadruplicado desde 1990 (WWI, 2007).

El volumen de consumo mundial de agua de bebida embotellada en 2013 se estimó en cerca de 300 mil millones de litros según datos de la *International Bottled Water Association* (Rodwan, 2013), y se prevé un aumento de más de 150 mil millones de litros para los próximos diez años (figura 4.3), de acuerdo con un estudio realizado por la consultora de mercado *Zenith International* (Wilton, 2014).

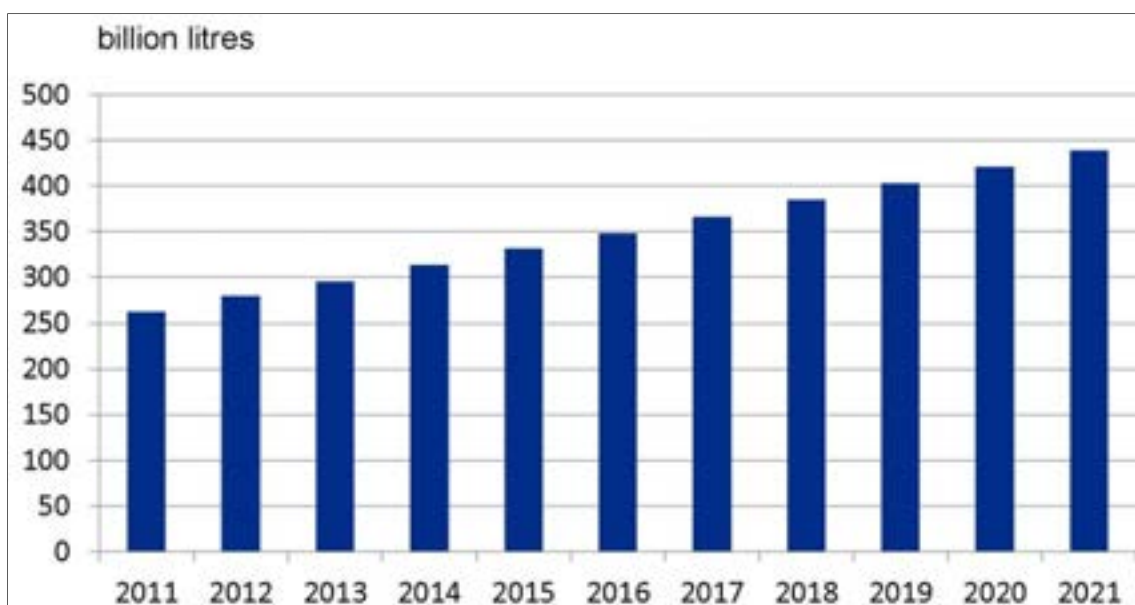


Figura 4.3. Previsión mundial de aumento en el consumo agua de bebida embotellada en la década 2011–2021 (fuente: Wilton, 2014).

Con estos resultados, no es de extrañar que desde el punto de vista económico el mercado del agua embotellada se haya convertido en un multimillonario negocio, situándose como la segunda o tercera mercancía legal que más dinero mueve en el mundo después del petróleo y el café (Herráiz, 2006; Velásquez y Dinarés, 2011), con una cifra de negocio en 2014 superior a 120 mil millones de euros en todo el mundo y con un crecimiento exponencial de mercado en la última década (BMC, 2014). Este crecimiento ha convertido al agua embotellada en una verdadera “bebida global” presente en los mercados de todo el mundo e incluso en los rincones más remotos del globo (Wilk, 2006; Rodwan, 2013).

Este rápido y sostenido crecimiento puede resultar sorprendente cuando el precio de venta del agua embotellada puede llegar a ser hasta 10.000 veces superior para el mismo volumen de agua obtenida de la red pública (Herráiz, 2006; IBWA, 2014; Olson, 1999). De acuerdo con un informe de la Organización de Consumidores y Usuarios en España (OCU, 2006) el metro cúbico de agua embotellada cuesta de media unos 340 €, mientras que la misma cantidad de agua corriente tendría un coste de sólo 1,5 €.

Pero este mayor coste no parece disuadir a los consumidores españoles y según la *European Federation Bottled Waters*, el consumo per cápita en España alcanzó en 2013 los 113 litros, situándose como séptimo consumidor europeo (figura 4.4) y noveno consumidor mundial, si bien y según la misma fuente citada, en 2011 España se situaba como tercer consumidor europeo sólo superada por Italia y Alemania con un consumo per cápita de 107 litros (EFBW, 2014), y un volumen de negocio superior a los 900 millones de euros (ANEABE, 2014).

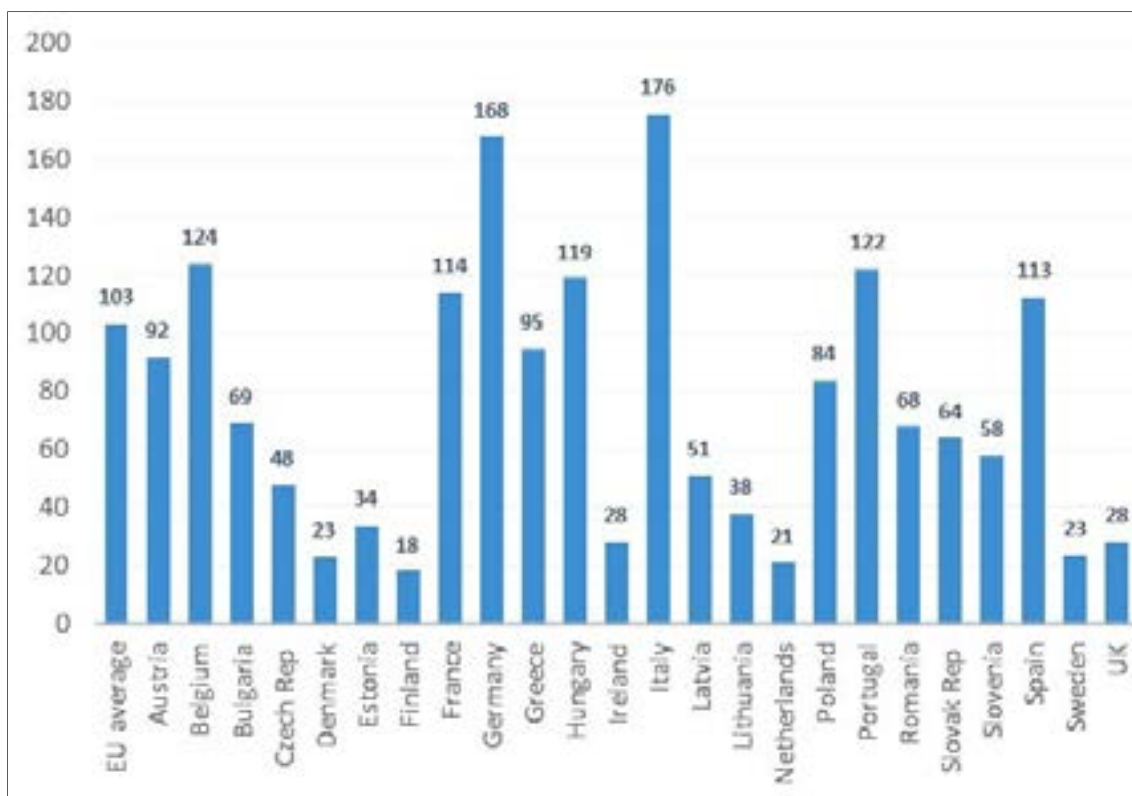


Figura 4.4. Consumo per cápita de agua de bebida embotellada en 2013 en la Unión Europea (en litros) (fuente: EFBW, 2014).

4.1.1.2. La “moda” del agua de bebida embotellada: un fenómeno social

Como consumidores el agua embotellada está cada vez más presente en nuestra vida diaria. Incluso se llega a afirmar, que junto con los teléfonos móviles o los ordenadores, la presencia de este producto ha devenido en un icono distintivo de nuestro tiempo presente en los países y culturas de todo el mundo (Lee y Carter, 2012).

Sorprendentemente, los datos indican que, globalmente, el mayor consumo de agua tiene lugar en aquellos lugares donde el agua del grifo es fácilmente accesible, presenta una excelente vigilancia sanitaria y su suministro es de reconocida calidad (Ferrier, 2001; Gleick, 2004; Wilk, 2006). Incluso en estas zonas muchos ciudadanos consumen única y exclusivamente agua de bebida embotellada (IFEN, 2000).

Una adecuada combinación de marketing y moda explica en buena parte el éxito de este proceso, sin bien otros factores de índole política, sociales, culturales o económicos también han influido para que, de manera acelerada, el agua embotellada haya pasado de ser un simple producto de mercado a ser considerada como un signo de prevalencia de una actitud consumista (Da Cruz, 2006). El consumo de agua de bebida embotellada ha devenido en un auténtico fenómeno social, un nuevo símbolo cultural que ha pasado a formar parte de nuestra rutina diaria (Ferrier, 2001; Royte, 2008).

En el ámbito de lo social la creciente popularidad del agua embotellada se sustenta fuertemente en la tendencia del consumidor por llevar un estilo de vida más saludable. La

mayor preocupación por el cuidado de la salud, por llevar una alimentación sana o por la imagen personal (culto al cuerpo) ha sido inteligentemente aprovechada, a escala mundial, por las grandes multinacionales del sector para ofrecer en el agua embotellada una sencilla, natural y saludable (sin calorías) alternativa a las bebidas azucaradas y refrescos, un producto que protege nuestra salud y que nos permite mantener una correcta hidratación en cualquier momento (Da Cruz, 2006; Ferrier, 2001; Rani, Maheshwari, Garg y Prasad, 2012), o incluso, convertida en una posible solución a muchos de los problemas de los consumidores de todas las edades como puede ser la prevención de la obesidad (Lee y Carter, 2012).

También la industria del agua embotellada se ha beneficiado de forma directa de la creciente preocupación de los consumidores por una alimentación basada en productos naturales, exentos de manipulación y contaminación, en la creencia de que ofrecen una mayor calidad y son mejores para la salud (Denehy, 2008). Un marketing inteligente ha sabido asociar el agua de bebida embotellada con esa imagen de “pureza” para satisfacer las necesidades que reclaman los consumidores, atribuyendo al agua de los manantiales naturales (particularmente al agua mineral embotellada en Europa donde el hábito de consumo está muy extendido), un supuesto valor añadido de pureza o autenticidad, un producto de calidad y distinción, en ocasiones con unos atributos casi místicos (Da Cruz, 2006; Wilk, 2006).

Por ejemplo, Zegler (2006) examina cómo las distintas estrategias publicitarias, entre las que podemos encontrar la de promover el consumo de agua embotellada para propósitos específicos (por ejemplo, de salud), influyen en la decisión de un consumidor a elegir agua de bebida embotellada como alternativa al agua de la red pública. No es de extrañar, que Ferrier (2001) relacione el consumo de agua embotellada con un cierto estilo de vida moderno y saludable basado en el cuidado de la salud y el culto al cuerpo.

Otra dimensión cultural y social asociada con el consumo de agua de bebida embotellada se relaciona con el estatus social del consumidor. Frente a la “humilde y sencilla” agua que obtenemos del grifo aparece el “agua gourmet”, el agua de lujo que ofrecen restaurantes y tiendas exclusivas en todo el mundo a aquellas personas (incluidas famosas “celebrities”), capaces de pagar precios exorbitantes por una botella de agua a la que se le atribuye un efecto glamur o unas propiedades medicinales posiblemente inexistentes (Herráiz, 2006).

Pero si la preocupación por la salud ha incrementado de manera drástica el consumo de agua embotellada, la moda por su consumo también está influida, de manera importante, por la desconfianza del consumidor hacia el agua que se obtiene de la red de abastecimiento público (Napier y Kodner, 2008). Para Doria (2006, 2010) existe una clara relación entre el incremento en el consumo de agua envasada y la percepción (negativa) que el ciudadano tiene sobre la calidad del agua del grifo, en particular, sobre su sabor y seguridad (entendida como preocupación sobre los riesgos para la salud). La desconfianza, generalmente infundada, por la vigilancia sanitaria a la que se somete el agua de la red, y muy posiblemente “el sabor y olor a cloro” consecuencia de su proceso de po-

tabilización, de los cuales el agua envasada están exentos, hayan contribuido a que esta última sea percibida por la ciudadanía en general como un tipo de agua de mejor calidad, y consecuentemente, más fiable y segura, y en muchos casos, una mejor alternativa al consumo de agua corriente del grifo (Ferrier, 2001; Gleick, 2010; Royte, 2008). En España un informe de la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU, 2006) revela que muchos ciudadanos tienen una valoración negativa del agua del grifo y opinan que lejos de aportar beneficios para el organismo, es fuente de problemas médicos como gastroenteritis o problemas renales.

Frente a estas creencias Gleick (2004) alerta de la cuestionable, y en muchas ocasiones, deficiente vigilancia sanitaria y los escasos controles de calidad de las plantas embotelladoras, inferiores a las propias canalizaciones públicas, en muchos lugares del planeta. Tales aspectos suelen deberse a una insuficiente e inadecuada regulación normativa, si bien en Europa se cuenta con estrictos sistemas de control y elevados estándares de calidad para la producción del agua envasada (ANEABE, 2014).

Por el contrario, desde varios sectores se previene acerca de que el agua embotellada no es necesaria para mantener una buena salud, y en este sentido, diferentes informes técnicos –tras análisis químicos y microbiológicos de diferentes marcas de agua–, parecen concluir, que en términos absolutos, el agua embotellada no es de mejor calidad o más saludable, ni está más controlada que el agua del grifo (Bullers, 2002; Lazlo, 2005; Napier y Kodner, 2008; Olson, 1999), por lo que, desde esta perspectiva, el aumento en el consumo de agua embotellada no parece estar justificado (Ferrier, 2001). De hecho, en muchos casos detrás de una publicidad engañosa el consumidor solo encontraba en la botella agua de la red de abastecimiento público previamente tratada (Olson, 1999). En muchos de estos casos, la única diferencia entre el agua de la red potable y el agua embotellada era la presentación al consumidor (UNESCO, 2003).

4.1.1.3. Problemas medioambientales asociados al consumo masivo de agua de bebida embotellada

El impacto sobre el medio ambiente es, posiblemente, el principal problema al que debe de hacer frente la industria del agua envasada. Al masivo consumo de agua de bebida envasada se están asociando actualmente diferentes problemas de tipo medioambiental a escala planetaria, polarizados fundamentalmente en la contaminación causada especialmente por las botellas de plástico (generación de grandes cantidades de residuos) y las altas emisiones de CO₂ a la atmósfera, así como el aumento del consumo energético que conlleva su producción (extracción, procesamiento y envasado) y su comercialización y transporte (Denehy, 2008; Gleick y Cooley, 2009; Guaita y Jiménez, 2008; Rani *et al.*, 2012).

En menor medida aparecen problemas locales derivados de la “venta” y sobreexplotación de acuíferos y de las aguas subterráneas por parte de las grandes empresas embotelladoras, particularmente, en países en vías de desarrollo que carecen de los recursos

económicos necesarios para su aprovechamiento y gestión (Cerón, 2010; Glennon, 2002; Srivastava, 2006).

Un reciente estudio de Gleick y Cooley (2009) sostiene que la producción del agua embotellada utiliza hasta 2000 veces más energía que su volumen equivalente en agua del grifo, o que la distribución del agua embotellada en el año 2007 en todo el mundo necesitó el equivalente a 162 millones de barriles de petróleo. Por eso, frente a este aparentemente inocente negocio comienzan a surgir corrientes críticas que se plantean si es justificable el consumo de tales cantidades de agua de bebida embotellada, por ejemplo, frente a los costes medioambientales que este consumo plantea (Larsen, 2007).

El agua se ha convertido en un bien privado, intercambiable, por el que se ha de pagar un precio, de ahí que frente al lucrativo negocio del agua embotellada surjan también presiones y demandas sociales que plantean considerar este importante recurso como un derecho y no como una simple mercancía (Pacheco-Vega, 2015; Vandana, 2002). Incluso se llega a apelar a un consumo ético cuando nos encontramos con ciudadanos en todo el mundo que no tienen acceso al agua potable: cerca de 1,6 millones de muertes al año se estiman son causadas de forma directa por la falta de agua potable, aunque el acceso a un agua limpia y segura es un derecho fundamental de todo ciudadano reconocido por las Naciones Unidas (OMS, 2002). Un recurso natural fundamental para la vida no puede constituirse en una mercancía (Arnold y Larsen, 2006).

4.1.2. El “consumo de agua de bebida envasada” como argumento educativo

La importancia del agua como elemento educativo es evidente. Esta temática se viene utilizando frecuentemente como contexto para llevar a cabo diferentes propuestas didácticas en el aula desde distintas perspectivas: la importancia del agua para los seres vivos (recurso vital), su ciclo natural, caracterización físico-química, los usos del agua y su posible agotamiento, como recurso natural y su posible contaminación, incidencia en la salud, la escasez y el reparto del agua entre los ciudadanos, el agua como derecho humano, el agua en los sistemas naturales, etc.

De hecho, la problemática del agua constituye un dominio específico incluido en los currículos escolares. Gavidia (2009) muestra un posible planteamiento disciplinar para la enseñanza-aprendizaje del tema del agua en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) desde una perspectiva basada en la alfabetización científica.

Por otro lado, los distintos aspectos asociados con la temática del agua se vienen utilizando como un contexto importante para el desarrollo de competencias científicas, como aprender a resolver problemas, buscar información, argumentar y sacar conclusiones, etc., (Gavidia, 2009). Con esta finalidad Monguilot (2009) plantea grandes líneas de trabajo relacionadas con la enseñanza del agua en el ámbito de la educación obligatoria y su posible contribución con el desarrollo de las competencias básicas establecidas por la Ley Orgánica de Educación de 2006 (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006a).

Distintas controversias asociadas al agua también han sido objeto de atención en la investigación educativa. Así por ejemplo, el trabajo de Marcén (2009) se centra en la visión y los conocimientos que los estudiantes de ESO tienen sobre el agua y en el tratamiento del agua como contenido escolar en el sistema educativo, aportando varias propuestas para su enseñanza y aprendizaje. Como señalan Marcén y Cuadrats (2012) son muchos los argumentos para enseñar y aprender sobre el agua en la enseñanza obligatoria.

Uno de los temas que centra varias de estas iniciativas educativas está ligado a la utilización del agua en la vida cotidiana, y más concretamente, con el consumo de agua de bebida. Aspectos tales como la potabilización del agua han sido abordados en algunas de las ediciones del programa internacional de evaluación PISA (Ministerio de Educación, 2010); mientras que la composición del agua embotellada y su relación sobre la salud, han sido objeto de atención en las Pruebas de Evaluación de Diagnóstico de Andalucía del curso escolar 2008/2009 (AGAEVE, 2009), en relación con la evaluación de la competencia científica del alumnado (figura 4.5).

Evaluación de diagnóstico 2008-2009

ACTIVIDAD:

"AGUA Y SALUD"



En las etiquetas de dos botellas de agua mineral, "El manantial" y "El remanente", puede leerse la siguiente información:

Componentes en mg/L	Agua "El manantial"	Agua "El remanente"
Cloruros	7,6	2
Sulfatos	11,8	19
Bicarbonatos	131,1	118
Calcio	32,9	29
Sodio	10,8	6
Magnesio	6,3	9

PREGUNTA 5

A las personas con tensión alta el médico les recomienda que no tomen comidas con sal, que es una sustancia que tiene cloruro y sodio. Indica de forma razonada cuál de las dos aguas es más apta para una dieta pobre en sal.

Figura 4.5. Prueba de Evaluación de Diagnóstico de Andalucía (tomado de AGAEVE, 2009).

El agua de bebida también se ha utilizado como eje central para distintas propuestas didácticas elaboradas desde la perspectiva de la alfabetización científica. Como referente de ellas citamos el libro *Chemistry in context. Applying Chemistry to Society* (Pryde *et al.*, 2005), cuyo capítulo V (*The water we drink*) nos muestra cómo integrar distintos conocimientos de química con el tratamiento de aspectos relevantes relacionados con el consumo de agua: origen del agua que bebemos, tratamiento y desinfección del agua potable de la red pública, vigilancia sanitaria del agua de bebida, tipos de agua, etc.

Nuestro alumnado consume agua de bebida embotellada quizá ajeno a sus posibles implicaciones y repercusiones, pero lograr un consumo responsable implica reflexionar con nuestros alumnos y alumnas sobre las razones por las que decidimos consumir agua embotellada o cuestionar de forma crítica las posibles diferencias entre esta y el agua del grifo o sus riesgos y efectos sobre la salud, por poner un ejemplo.

Seguidamente se ofrecen algunas razones que apoyan la decisión de elegir “el contexto del agua de bebida envasada” como argumento didáctico (Blanco y Rodríguez Mora, 2008):

- Se trata de un problema sociocientífico que pone de manifiesto las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y puede considerarse como un ejemplo de los que se viene denominando *ethosciencia* (Sánchez, Jiménez-Liso y De Manuel, 2001).
- En torno al agua embotellada hay abiertos múltiples debates, ya comentados, con implicaciones en diferentes áreas: económicas, políticas, sociales, culturales, salud humana, éticas, medioambientales.
- El agua embotellada es un producto de consumo masivo en nuestro país y que forma parte de la vida diaria de los estudiantes.
- El consumo de agua embotellada se ha convertido en un fenómeno social que posee un componente cultural que trasciende al mismo producto hasta devenir en un signo distintivo de nuestro tiempo. Se ha convertido, en cierto sentido, en una moda asociada a determinados tipos de valores (preocupación por llevar una vida sana, cuidado del cuerpo, etc.).
- El consumo de agua embotellada va ligado a una serie de opiniones y creencias no siempre acordes con el punto de vista científico, y que pueden requerir de un trabajo específico en el aula.
- Implica la toma de decisiones responsables y fundamentadas sobre problemas y situaciones relevantes de la vida cotidiana.
- Acerca al alumnado a situaciones reales de su entorno y da prioridad a un conocimiento más real e integrado.

- Permite captar el interés y utilizar y dar sentido a aquello que se enseña en el aula mediante una adecuada contextualización de la ciencia (enseñanza de la ciencia basada en contexto).
- Permite generar un conocimiento suficientemente general y significativo desde la perspectiva de la ciencia, es decir, un conocimiento útil para interpretar los hechos relacionados con el propio contexto elegido y con otros muchos. Permite, además, trabajar algunos aspectos sobre la naturaleza de la ciencia, como el uso de modelos.
- Se puede utilizar como núcleo para abordar gran cantidad de conocimientos químicos (nociones de compuesto químico, mezcla y disolución, concentración en masa, etc.), físicos (magnitudes físicas, cambio de unidades) y biológico-geológicos (tipos de microorganismos, contaminación, origen del agua, acuíferos), lo que permite establecer una adecuada relación de esta temática con distintos contenidos del currículum oficial de la Educación Secundaria Obligatoria.

Finalmente, indicar que se trata de un tema poco tratado desde la perspectiva de la innovación e investigación educativa.

4.2. EXPLORANDO IDEAS, OPINIONES Y CREENCIAS SOBRE EL CONSUMO DE AGUA DE BEBIDA EMBOTELLADA

En Didáctica de las Ciencias Experimentales es bien conocida la importancia que tiene partir de las concepciones e ideas previas de los estudiantes (Prieto y Blanco, 1997). Esta premisa se ha entendido clásicamente como concepciones o ideas sobre los conceptos científicos que se iban a ser objeto de enseñanza. Desde la perspectiva de una enseñanza basada en problemas o situaciones de la vida diaria (Aragón, 2004; Caamaño, 2007, 2011) resulta realmente importante conocer también las ideas de los estudiantes sobre el problema planteado y no solo sobre los conceptos científicos implicados en el mismo. Dada la naturaleza de este tipo de problemas esto nos lleva al campo tanto de las ideas o preconcepciones, como al de las creencias, opiniones e incluso actitudes y valores acerca de dichos problemas (España, 2008).

Desde esta perspectiva, y tal como se indicó en el marco metodológico presentado en el capítulo III, la primera etapa de esta investigación (análisis del contexto) se focalizó en conocer las opiniones, ideas y creencias de estudiantes de distintos niveles educativos sobre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo. En estos estudios previos participaron 261 estudiantes de ESO y Bachillerato –procedentes de varios centros de la provincia de Málaga–, y de primer curso de Magisterio de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga (véase tabla 3.2). Recordamos, igualmente, que el estudio se realizó entre los cursos escolares 2007/2008 al 2009/2010, ambos inclusive.

4.2.1. Primeros resultados con estudiantes de 4º ESO y 2º Bachillerato

De acuerdo a lo indicado, se comenzó centrando el foco de atención en estudiantes de los últimos cursos de la Educación Secundaria Obligatoria (4º ESO) y Posobligatoria (2º Bachillerato) que cursaban tanto disciplinas científicas como sociales y humanísticas. Para este estudio se eligió una muestra integrada por 47 estudiantes del IES Luis Barahona de Soto de Archidona (Málaga), centro educativo donde sigue prestando sus servicios el autor de esta investigación.

La distribución de los participantes fue la siguiente: 20 estudiantes de 4º ESO (9 chicos y 11 chicas) y 27 estudiantes de 2º Bachillerato (12 chicos y 15 chicas). En cuanto a la distribución por modalidad de estudios, en 4º curso de ESO, 11 de los estudiantes cursaban materias científicas y 9 no científicas. Con respecto al 2º curso de Bachillerato, 10 de los participantes estudiaban materias de la modalidad de ciencia y tecnología, mientras que 17 estudiantes seguían materias de la modalidad de humanidades y ciencias sociales.

El objetivo de este primer estudio se centró en explorar y conocer las opiniones de los estudiantes sobre el contenido de un anuncio publicitario de una importante marca de agua de bebida embotellada en España, que relaciona el cuidado de la salud con el consumo de este tipo de agua. La tarea del estudiante consistió, tras la lectura atenta de la información suministrada, en responder a las dos cuestiones planteadas (figura 4.6).

Observa y lee detenidamente la siguiente publicidad de una conocida marca de agua y, a continuación, contesta a las preguntas que se plantean más abajo.



A. Escribe todo lo que te sugiere esta publicidad

B. ¿"Te renovarías igualmente", si en vez de beber "agua pura de alta montaña" bebieras "agua del grifo"?
 Si ☐ No ☐ Depende ☐ No lo sé ☐
 Explica detalladamente tu respuesta:

Figura 4.6. Cuestiones planteadas a los estudiantes durante el curso 2007/2008 (estudio preliminar).

Como puede observarse, se trata de dos cuestiones de tipo abierto para que el estudiante desarrolle sus puntos de vista. Así, mientras en la primera cuestión se demanda del estudiante que describa todo aquello que le sugiere el anuncio publicitario, en la segunda se hace referencia a la necesidad de consumir agua y al proceso dinámico de renovación en el que participa el agua en nuestro cuerpo: el estudiante debe posicionarse en relación a “si es mejor el agua embotellada o no” para este proceso de renovación eligiendo una de las cuatro opciones de respuesta que se ofrecen (*Sí, No, Depende, No lo sé*) y debiendo justificar su elección.

En cuanto a la primera cuestión fueron escasas las referencias a las dimensiones de interés (razones, creencias, etc.) relacionadas con el consumo de agua embotellada. De forma mayoritaria los estudiantes se limitaron a comentar aspectos del anuncio publicitario, describiendo las imágenes o aclarando algunas de las frases del anuncio, o bien a mencionar los fines publicitarios, concluyendo, de manera evidente, que la finalidad del anuncio era “convencerte para que bebas esta marca de agua”. A continuación, se ofrecen algunos ejemplos representativos de este tipo de respuestas (se han corregido errores sintácticos):

E0820: *«Aparece el Mulhacén, con lo cual se nos intenta meter el producto por el ojo con elementos de este tipo».*

(4º ESO – opción científica)

E0824: *«Lo que quiere es que compremos esa marca porque nos dice que es buena...».*

(4º ESO – opción científica)

E0834: *«El hecho de que sea agua de alta montaña supone que creamos que es muy pura y muy limpia (...) creo que es una muy buena forma de venderla».*

(2º Bachillerato – opción científica)

E0858: *«Que el agua es básica para nuestro organismo».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0859: *«Que en nuestro cuerpo la gran parte es agua (60 %) y que la renovamos cada seis semanas».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0861: *«Que el agua es muy importante y para renovar el agua de nuestro cuerpo lo más adecuado sería renovarlo con agua Lan...».*

(4º ESO – opción no científica)

E0869: *«Que bebas este tipo de agua porque es la mejor».*

(4º ESO – opción no científica)

No obstante, algunos estudiantes se mostraron más críticos con el mensaje publicitario:

E0832: *«Hace sentir que bebiendo agua Lan... en seis semanas renovarás tu cuerpo, como si fuese a cambiar tu salud por este hecho».*

(2º Bachillerato – opción científica)

E0841: *«Me sugiere que nos están vendiendo algo que es un poco peor de lo que dicen y se dan exageraciones».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

En definitiva, esta primera cuestión exploratoria no ofreció resultados demasiados relevantes en relación a nuestro propósito, muy posiblemente a la forma en que fue planteada y presentada, lo que generó respuestas demasiado genéricas por parte de los estudiantes, aunque sí nos permitió conocer algunas opiniones e ideas de interés sobre el contexto elegido, como se muestran seguidamente:

E0835: *«Creo que en ciertos aspectos sí es importante beber agua mineral y pura, ya que supongo que tiene bastantes efectos beneficiosos (...) aunque no tiene por qué ser Lan...».*

(2º Bachillerato – opción científica)

E0836: *«Que consumir agua embotellada es bueno para renovar el agua de tu cuerpo y eliminar sustancias de desecho...».*

(2º Bachillerato – opción científica)

E0847: *«Mi salud va a mejorar bebiendo agua mineral».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0849: *«Debemos beber este tipo de agua para estar más sanos».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0879: *«Como el agua Lan... es pura es más saludable para renovar el agua de tu cuerpo».*

(4º ESO – opción no científica)

En relación a la segunda cuestión se han distribuido las respuestas de los estudiantes en un sistema de categorías para cada una de las posibles opciones de respuesta; los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.1, con indicación de la frecuencia de respuesta encontrada.

RESPUESTA	CATEGORÍAS	4º ESO *C (N=11)	4º ESO **NC (N=9)	2º BACH C (N=10)	2º BACH NC (N=17)
Sí	Darí­a igual pues ambas son agua	3	1	–	1
	El tipo de agua consumida no influye	1	1	–	1
	Darí­a igual si el agua del grifo cumple ciertas condiciones	1	1	1	1
	No argumenta	1	–	–	1
	Total	6 (55 %)	3 (33 %)	1 (10 %)	4 (24 %)
No	El agua del grifo contiene sustancias perjudiciales o puede causar problemas de salud	2	1	7	1
	Consumir agua mineral es mejor	1	–	–	5
	Otros argumentos	–	–	1	1
	No argumenta	–	1	–	–
	Total	3 (27 %)	2 (22 %)	8 (80 %)	7 (41 %)
Depende	De la calidad del agua del grifo	1	1	1	1
	Pureza del agua mineral	–	1	–	–
	No argumenta	–	1	–	–
	Total	1 (9 %)	3 (33 %)	1 (10 %)	1 (6%)
No lo sé	_____	1	1	–	5
	Total	1 (9 %)	1 (12 %)	–	5 (29%)

*C: Alumnos que cursan la opción científica. **NC: Alumnos que no cursan la opción científica.

Tabla 4.1. Categorización de las respuestas de los estudiantes a la pregunta: ¿"Te renovarías igualmente", si en vez de beber "agua pura de alta montaña" bebieras "agua del grifo"?

Como se observa el mayor número de posiciones se distribuye en las dos primeras opciones de respuesta; de esta manera, nueve estudiantes de 4º ESO (de 20) y cinco estudiantes de 2º Bachillerato (de 27) opinaron que ambos tipos de aguas eran equivalentes a estos efectos, es decir, que "sí, que te renovarías por igual". Seguidamente se muestran algunos ejemplos para esta opción de respuesta (se han corregido errores sintácticos).

E0819: «El agua de tu cuerpo se renueva cada 6 semanas, bebas el agua que bebas, el tipo de agua no influye en eso».

(4º ESO – opción científica)

E0823: «Sí, porque aunque sea más mala (el sabor) al fin y al cabo es agua [la del grifo], y te renuevas también».

(4º ESO – opción científica)

E0832: *«Sí claro que renovarías tu agua, pero posiblemente no tendrías el mismo grado de salud...».*

(2º Bachillerato – opción científica)

E0850: *«Es que aunque no bebas agua embotellada tu cuerpo se renueva, es agua».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0863: *«Sí, pero aunque el agua del grifo esté buena, siempre la de botella es más sana».*

(4º ESO – opción no científica)

En cuanto a la segunda opción, cinco estudiantes de 4º ESO y 15 estudiantes de 2º Bachillerato opinaron que “no, que no era lo mismo para el cuerpo”, con una mayor confianza hacia el consumo de agua de consumo envasada, como muestran los siguientes ejemplos (se han corregido errores sintácticos):

E0822: *«No, ya que el agua mineral es más saludable que la del grifo...».*

(4º ESO – opción científica)

E0825: *«No, porque con el agua del grifo puedes llegar a tener dolores debido a diversas sustancias».*

(4º ESO – opción científica)

E0829: *«Yo creo que no, porque al agua del grifo le añaden componentes que no pueden ser muy buenos para la salud».*

(4º ESO – opción científica)

E0833: *«No porque el agua del grifo no está tan tratada como la embotellada...».*

(2º Bach – opción científica)

E0837: *«No, porque el agua del grifo podría contener sales minerales, cal y otras sustancias que no son buenas para la salud pudiendo producir a la larga problemas de salud».*

(2º Bachillerato – opción científica)

E0841: *«No, el agua del grifo no tiene la misma calidad que la embotellada».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0851: *«No, porque el agua de alta montaña es mucho más beneficiosa que la del grifo».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0859: *«No porque con el agua del grifo no creo que te renueves tan fácilmente, la cal del agua es mala para los riñones y gran parte se queda ahí, no es filtrada».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

La tercera opción de respuesta fue elegida por cuatro estudiantes de 4º ESO y dos de Bachillerato, que opinaban que el efecto va a “depender de la calidad del agua del grifo que bebas”. Seguidamente, mostramos algunos ejemplos:

E0828: *«Depende, porque si el agua del grifo de donde vives es buena, pues entonces te daría igual, pero si el agua del grifo no la conoces, no te daría igual beberla».*

(4º ESO – opción científica)

E0852: *«Depende, te renovarías si esa agua [del grifo] estuviese limpia, sin arena».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0860: *«Depende, yo creo que el agua de alta montaña debe de tener muchas más propiedades que un agua encerrada en tanques, que recorre un laberinto de tuberías antes de ser bebida».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0861: *«Depende del agua del grifo que sea, porque si el agua del grifo tiene muchos productos no te renovarías igual».*

(4º ESO – opción no científica)

Finalmente, dos estudiantes de 4º ESO y cinco de 2º Bachillerato manifestaron “no saber” o desconocer la respuesta:

E0847: *«No lo sé, porque no tengo conocimientos sobre el tema; yo creo que beber agua mineral es incluso peor que beber agua del grifo por la composición química del agua embotellada».*

(2º Bachillerato – opción no científica)

E0871: *«No sé cómo puede beneficiarme o perjudicarme el agua embotellada o el agua del grifo».*

(4º ESO – opción no científica)

Debemos destacar que las respuestas de los participantes muestran diversidad de opiniones sobre la situación planteada, aunque esperábamos que los estudiantes con mayor edad y nivel de estudios respondiesen en términos de que son equivalentes ambos tipos de agua, es decir que “te renuevas por igual con las dos aguas”. Sin embargo, destaca el aumento con la edad de las respuestas negativas, en el sentido de que con el agua del grifo “no te renovarías igual” que con el agua mineral embotellada del anuncio.

Esto sucede por igual en los grupos de los dos niveles educativos, pero resalta especialmente en los estudiantes de ciencias, que lo argumentan en términos de que “el agua del grifo contiene sustancias perjudiciales” o “el agua del grifo puede causar problemas de salud”. Los argumentos de los estudiantes que no cursaban materias científicas se mostraron menos precisos, con justificaciones poco específicas del tipo “consumir agua mineral es mejor”. De la misma manera, debemos destacar que los estudiantes que cursaban materias no científicas presentaron un mayor porcentaje en la opción *No lo sé*, o bien no explicaron o argumentaron sus respuestas. Parece que, en este sentido, los estudiantes de ciencias mostraron una mayor capacidad de argumentación. (Blanco y Rodríguez Mora, 2008).

Por otro lado, y desde el ámbito de las ideas y creencias debemos realizar algunos comentarios. En concordancia con la literatura consultada, y en especial Ferrier (2001), algunas opiniones e ideas de los estudiantes apuntan hacia la consideración del agua embotellada como un tipo de agua “mejor”, es decir con más calidad, con más beneficios, más sana o saludable frente a la del grifo. De la misma manera, se ha encontrado “cierta suspicacia” frente a un correcto control y vigilancia sanitaria del agua de la red pública: contiene sustancias perjudiciales, causa problemas de salud, etc. También son frecuentes las referencias a la presencia de “cal” en el agua del grifo en un sentido negativo: “la cal del agua es mala para los riñones”, etc.

Debemos concluir indicando que los primeros resultados obtenidos nos llamaron poderosamente la atención al mostrar cómo los estudiantes de edades superiores, con más experiencias y formación, consideraban, contrariamente a lo esperado, que el agua de bebida envasada era mejor para la salud que el agua del grifo. Estos resultados nos han llevado a seguir profundizando en esta cuestión y en los argumentos que ofrecen los estudiantes.

4.2.2. Explorando el contexto con estudiantes de Magisterio

Este segundo estudio se realizó con estudiantes de primer curso de Magisterio. A raíz de lo presentado en el epígrafe anterior, es oportuno recordar que los estudiantes con mayor formación académica mostraron más tendencia a considerar el agua de bebida embotellada “mejor para el organismo” que el agua del grifo. Así, queríamos analizar si esta misma tendencia se apreciaba en estudiantes universitarios de los cursos iniciales, con un mayor nivel formativo, así como indagar en las opiniones de los estudiantes al respecto. Una parte de este estudio constituyó el periodo de investigación tutelado para la acreditación de la suficiencia investigadora y obtención del Diploma de Estudios Avanzados por parte del autor (Rodríguez Mora, 2009).

Con este nuevo estudio se pretende tener una visión más amplia sobre el bagaje de conocimientos, hábitos, opiniones, actitudes y creencias que los ciudadanos poseen sobre este tema socio-científico de relevancia, entendiendo que este bagaje inicial será un punto importante a la hora de plantear propuestas didácticas dirigidas hacia la alfabeti-

zación científica y el desarrollo de competencias. En particular, en esta fase de la investigación se han abordado los siguientes aspectos:

- a) Conocer hábitos de consumo de aguas de bebida embotelladas en términos de frecuencia de consumo y tipo de aguas de bebida consumidas.
- b) Conocer las razones por las cuales se consume o no agua de bebida embotellada.
- c) Averiguar las ideas, creencias y actitudes que los estudiantes tienen sobre el agua embotellada y sus diferencias con el agua del grifo.
- d) Conocer posibles creencias y actitudes relacionadas con los efectos sobre la salud del consumo de agua de bebida embotellada y sus efectos medioambientales.
- e) Averiguar el grado de interés que manifiestan los estudiantes por distintos aspectos relacionados con el consumo de agua embotellada.

Para asegurar la representatividad del estudio se dispuso de una extensa muestra de 146 estudiantes del primer curso del grado en Educación Primaria de la Universidad de Málaga, que se desarrolló a lo largo de dos cursos escolares: 2007/2008 (59 estudiantes) y 2008/2009 (87 estudiantes), respectivamente. Entendemos que la muestra puede considerarse suficientemente heterogénea, con un rango de edad comprendido entre los 18 y 48 años –aunque predominan los estudiantes con edades de 18 y 19 años–, y con distintos niveles de instrucción: Bachillerato en sus distintas modalidades, Formación Profesional de Grado Superior, otros estudios universitarios, etc.

Debemos indicar, no obstante, que el sexo de los participantes no puede considerarse una variable representativa por la gran mayoría de chicas en la muestra (122 chicas de 146 participantes, aproximadamente un 84 %). A pesar de todo, entendemos que la muestra de estudiantes de Magisterio elegida constituye una buena aproximación a lo que podría ser un grupo de ciudadanos y ciudadanas, procedentes de distintos ámbitos socioculturales y con una formación académica importante, no necesariamente científica.

Los datos de la investigación se obtuvieron a través de un cuestionario ideado ex profeso. Después de algunos ensayos y revisiones se presentó la versión definitiva que queda integrada por 14 ítems agrupados en cuatro bloques de acuerdo a su finalidad (véase anexo IIA). Puesto que este cuestionario es la base del estudio que ahora se detalla, y será el cuestionario de referencia para desarrollar posteriormente la investigación con estudiantes de 3º ESO (véase siguiente epígrafe), consideramos oportuno dedicar unos párrafos a su descripción.

Así, el bloque A (*Datos*) queda formado por tres preguntas de tipo cerrado con la finalidad conocer la edad, sexo y nivel de estudios de los participantes. Tales variables, además de proporcionar la descripción estadística de la muestra, son utilizadas para segmentar y comparar los resultados obtenidos en los bloques restantes.

El segundo bloque, bloque B (*Consumo*), está compuesto por cinco cuestiones, preguntas 4 a 8. Las tres primeras, de opción múltiple, se utilizan para conocer los hábitos de consumo de agua de bebida envasada de los estudiantes. Las dos últimas preguntas, de tipo abierto, permiten indagar en las razones por las que se consume o no este producto. Se persigue tras completar el análisis cualitativo de estas preguntas, elaborar un catálogo de razones por las que los estudiantes manifiestan consumir agua embotellada como alternativa al agua de la red de abastecimiento público, y comparar los resultados obtenidos con las que aparecen en la bibliografía consultada.

El bloque C (*Ideas, opiniones e intereses*) consta de cuatro preguntas, preguntas 9 a 12, de las cuales tres son de tipo abierto; este bloque fue utilizado para explorar las principales diferencias, desde la perspectiva de los estudiantes, entre el agua embotellada y del grifo, e indagar acerca de las ideas, opiniones e intereses de los participantes en relación con determinados aspectos asociados con el consumo de agua de bebida envasada, como los posibles problemas medioambientales derivados de un consumo masivo o los efectos sobre la salud del consumidor.

Por último, las preguntas 13 y 14 forman el bloque D (*Publicidad*). A tal fin se utiliza el mismo anuncio publicitario empleado en el primer estudio con estudiantes de 4º ESO y 2º Bachillerato, ya comentado en el epígrafe anterior (véase figura 4.6.).

En la correspondiente memoria del desarrollo del trabajo de investigación tutelado que precede a esta tesis (Rodríguez Mora, 2009) se puede encontrar el análisis completo y pormenorizado de un número significativo de estos cuestionarios. En lo que sigue, mostraremos únicamente aquellos resultados que se muestran de interés para el diseño y contenido de la futura propuesta didáctica. De la misma manera, se ha decidido presentar una visión general de la información relevante sin atender a las posibles diferencias entre las dos muestras analizadas.

Los resultados que se exponen en los epígrafes siguientes contemplan dos aspectos claves del contexto del agua de bebida, a saber:

- a) Razones para el consumo: ¿por qué elegimos beber agua embotellada?
- b) Ideas, opiniones y creencias sobre el consumo: ¿es necesario consumir agua embotellada?

4.2.2.1 ¿Por qué consumimos agua de bebida embotellada?

En la tabla 4.2 se muestran los resultados obtenidos en relación al consumo y frecuencia de consumo de agua de bebida embotellada de los participantes.

VARIABLE	SUBGRUPO	¿BEBES AGUA EMBOTELLADA?		FRECUENCIA DE CONSUMO		
		SÍ	NO	ALTA	MEDIA BAJA	NC
Sexo	Chico	22	2	12	9	7
	Chica	105	16	81	24	12
Subtotal		127	18	93	33	19
Edad	18 – 22 años	102	14	76	25	7
	> 22 años	25	4	17	8	12
Subtotal		127	18	93	33	19
Nivel de estudios	Bachillerato	91	11	64	26	7
	F. Profesional	29	5	22	7	12
	Universidad	7	2	7	0	0
Subtotal		127	18	93	33	19

Tabla 4.2. Explorando el contexto: consumo y frecuencia de consumo de los participantes.

Debemos considerar en la muestra de participantes un consumo elevado. Como se aprecia, 127 estudiantes (de 145) manifestaron consumir agua de bebida embotellada, 93 de los cuales declararon una frecuencia de consumo alta, de al menos cinco veces por semana. No obstante, en el análisis de estos resultados no se aprecian diferencias estadísticamente significativas (valor del estadístico chi-cuadrado de Pearson superior a 0,05), por lo que podemos concluir que no existe relación entre el consumo de agua de bebida embotellada y la frecuencia en su consumo con relación a la edad, sexo y nivel de estudios de los participantes.

Los estudiantes que manifestaron consumir agua de bebida embotellada debían indicar en el ítem 7 del cuestionario, *¿Cuáles son tus razones para consumir agua embotellada?*, los motivos que justificaban este consumo. El análisis de las respuestas nos permitió encontrar el catálogo de razones que se muestra en la tabla 4.3, con indicación de la frecuencia encontrada. A este respecto, debe entenderse que una misma respuesta puede contener alusiones a varias de las razones de consumo.

RAZONES PARA EL CONSUMO	FRECUENCIA
Bebo agua embotellada por:	
A. Sabor.	47
B. Comodidad.	33
C. Salud.	27
D. Composición.	21
E. Seguridad / confianza.	16
F. Calidad.	11
G. Otras (costumbre, publicidad).	7

Tabla 4.3. Razones de los estudiantes de Magisterio para el consumo de agua de bebida embotellada.

Como aparece reflejado en la tabla anterior, se encontraron siete categorías o tipos de razones por las que los estudiantes habían elegido el agua de bebida embotellada como alternativa al agua del grifo (Rodríguez Mora y Blanco, 2009), y que pasamos a comentar seguidamente.

Categoría A: Sabor

Recordamos que una de las razones más citadas por los ciudadanos para justificar el consumo de agua envasada gira en torno al (mal) sabor del agua de la red pública. Los consumidores consideran, en términos generales, el sabor del agua embotellada mejor que el del agua del grifo, al no tener aquella un sabor tan intenso “a cloro” (Ferrier, 2001).

En concordancia con este hecho, la primera razón citada por los estudiantes hace mención al sabor del agua del grifo disponible, con 47 referencias. En esta categoría se engloban aquellas respuestas que aluden a las percepciones organolépticas de los estudiantes sobre el agua de bebida, con especial atención al sabor del agua del grifo, como se observa en los ejemplos siguientes:

E08112: *«Consumo agua embotellada porque la del grifo sabe mal».*

E08114: *«Debido al sabor excesivo de cloro en algunas ocasiones».*

E08205: *«El agua embotellada tiene mejor sabor».*

E08207: *«El agua del grifo sabe a cal».*

Categoría B: Comodidad

El segundo motivo para elegir agua embotellada, con 33 referencias, alude al ocio (consumo recreativo) y conveniencia, como la facilidad para acceder a este producto o su facilidad de transporte, lo que permite al estudiante “beber agua en cualquier momento y situación”. Seguidamente se ofrecen algunos ejemplos representativos:

E08102: *«La necesidad de beber agua cuando estoy haciendo deporte...».*

E08109: *«Es práctico y necesario cuando se está fuera de casa».*

E08139: *«...para poder llevarla en el bolso cuando vas a algún lugar, etc.».*

E08157: *«Principalmente por la facilidad de transporte...».*

E08242: *«Porque es más cómodo».*

E08244: *«Para llevármela al gimnasio o a las clases».*

E08255: *«El agua embotellada es fácilmente accesible».*

Categoría C: Salud

De acuerdo con Ferrier (2001), el importante aumento en el consumo de agua embotellada parece deberse, en parte, al éxito de persuasivas campañas publicitarias, que “acaban convenciendo” al consumidor de la bondad de este producto. No es de extrañar, por tanto, que la idea de considerar el agua embotellada como una alternativa “más sana o más saludable” que el agua de la red pública, aparezca de forma importante en las respuestas de los estudiantes, conformando la tercera categoría, con 27 referencias encontradas. Algunos ejemplos ilustrativos se muestran seguidamente:

E08108: *«Porque es más sana que el agua del grifo».*

E08111: *«Siempre es mejor agua embotellada y así evitas beber la del grifo que es peor y puede casarte algún daño leve (como gastroenteritis, vómitos)».*

E08128: *«Porque en mi opinión el agua embotellada es más saludable, ya que ha pasado por un mayor proceso de purificación y potabilización».*

E08140: *«... cuando la bebo [agua del grifo] me duele el estómago».*

E08148: *«Porque sé que para los riñones no es tan mala, y no te entran piedras».*

E08212: *«El agua embotellada es mejor para nuestra salud y al estar el agua embotellada tratada sabemos que es beneficiosa».*

E08216: *«Porque es saludable y facilita nuestra hidratación...».*

E08239: *«Prefiero el agua embotellada debido a que me resulta más saludable que la del grifo».*

E08272: *«... la del grifo da ardores».*

Categoría D: Composición del agua

Se encontraron 21 referencias a la composición del agua como motivo de interés para elegir agua de bebida embotellada. De esta manera, “lo que contiene el agua” se muestra importante para algunos estudiantes para justificar el consumo de este tipo de agua. Debemos entender, tras el análisis de las respuestas, que el agua embotellada “contiene cosas saludables” por oposición al agua del grifo, como se muestra seguidamente con algunos ejemplos relevantes:

E0814: *«La del grifo tiene demasiada cal...».*

E08120: *«... el agua embotellada contiene unos minerales que ayudan a tu organismo».*

E08130: *«... el agua del grifo tiene demasiados componentes químicos para potabilizarla».*

E08141: *«Porque el agua del grifo (...) tiene muchas piedras que luego son perjudiciales para el riñón».*

E08200: *«Debido a que el agua suministrada por la red del Ayuntamiento tiene más contenido en sales, cloro, etc.».*

E08210: *«Mi razón principal es que el agua embotellada no contiene calcio, como el agua del grifo, con lo que nos perjudicaría los riñones con el paso del tiempo, llegando a crear “piedras” en los riñones».*

E08221: *«Porque no contiene cal [el agua embotellada]».*

E08230: *«Porque el agua del grifo me produce malestar estomacal a causa de la cal, restos de arena...».*

E08239: *«Puesto que la del grifo contiene una gran cantidad de cloro lo cual se puede ver por el color y también a través del sabor.»*

Categoría E: Seguridad y confianza

La percepción de un agua embotellada más fiable y segura o más controlada en relación al agua del grifo, es la idea básica que se recoge en esta categoría, con 16 referencias al respecto. A continuación, se muestran algunas respuestas representativas:

E08107: *«El agua del grifo de mi casa no sale en buenas condiciones».*

E08111: *«Se supone que es agua potable [la embotellada] mucho más controlada que el agua del grifo».*

E08121: *«Porque beber agua del grifo puede conllevar algunos riesgos».*

E08125: *«No confío en beber agua del grifo».*

E08134: *«Para mí no es muy saludable y no me inspira confianza».*

E08135: *«El agua embotellada (...) ha pasado por unos controles de sanidad, ha sido analizada por expertos y lista para el consumo».*

E08144: *«Porque la del grifo está muy sucia (...) en mi opinión, no es muy saludable».*

E08258: *«Mis razones son porque el agua embotellada está mejor tratada que la del grifo y no me fío beberla de ahí...».*

E08273: *«... por seguridad».*

E08285: *«El agua que sale del grifo no es apta para el consumo».*

Categoría F: Calidad

Englobamos en esta categoría, con 11 referencias, todas aquellas respuestas de los estudiantes que consideran que el agua embotellada “es mejor” o tiene “más calidad” que el agua del grifo. De acuerdo con Ferrier (2001) esta es otra percepción de los consumidores en las que la influencia de los mensajes y contenidos publicitarios es decisiva. Algunos ejemplos de respuestas muestran esta situación:

E08116: *«La considero de mejor calidad que el agua del grifo por ejemplo».*

E08123: *«Por la calidad del agua».*

E08224: *«Porque el agua procedente de los grifos, es de muy baja calidad».*

Categoría G: Otras

En esta última categoría, con siete referencias, se incluyen aquellas respuestas que consideran aspectos no incluidos en las anteriormente citadas, como publicidad, motivos personales, costumbre, etc. Las siguientes respuestas pueden considerarse ejemplos de lo indicado:

E08103: *«Por la falta de fuentes».*

E08110: *«Porque necesito una botella de plástico para rellenar».*

E08146: *«Porque es la que venden en los supermercados, la que anuncian por la tele».*

E08155: *«Es costumbre en mi casa».*

Finalmente, indicar que no se ha encontrado en las respuestas de los estudiantes ninguna referencia al consumo de agua embotellada como alternativa a otras bebidas, como refrescos azucarados, o como reflejo de un cierto nivel económico o de estatus social, aspectos que sí aparecen recogidos en la literatura consultada (Da Cruz, 2006; Ferrier, 2001; Royte, 2008).

4.2.2.2. Ideas, opiniones, actitudes y creencias sobre el consumo de agua de bebida embotellada y agua del grifo

Junto con las razones para elegir el agua de de bebida embotellada, el análisis del cuestionario nos ha permitido tener una visión bastante general del estado de opinión de los estudiantes sobre la disyuntiva entre qué tipo de agua elegir: del grifo o embotellada. La tabla 4.4 recoge las opiniones más significativas sobre el agua del grifo y embotellada encontradas en el análisis de las respuestas de los estudiantes.

DIMENSIONES	PERCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES	
	AGUA DEL GRIFO	AGUA EMBOTELLADA
SABOR	Peor sabor / mal sabor / no sabe bien / sabor desagradable / agrio / horrible. Sabor a cal / a cloro. Sabor raro / diferente / no me gusta.	Mejor sabor / más agradable. Está más buena.
COMPOSICIÓN	Tiene cal / más cal / demasiada cal / alta concentración en cal.	No contiene cal / está libre de cal / Le han quitado la cal.
	Lleva (mucho) cloro.	No lleva cloro.
	Tiene más sales.	Tiene pocas sales.
	Puede contener arenillas / piedras / sustancias “raras”.	Su composición está más equilibrada. Tiene una composición seleccionada y conocida en la etiqueta. Contiene (aporta) minerales disueltos / minerales beneficiosos (ayudan a que funcionen mejor tus riñones e hígado). Tiene sustancias añadidas para conservarla. Tiene más calcio. Está más preparada y contiene más sustancias.
	El contenido en minerales es diferente / la salinidad. Diferente mineralización.	
EFFECTOS SOBRE LA SALUD	Puede tener sustancias que no son saludables / perjudiciales. Puede tener contaminantes. Contiene residuos. Nos puede sentar mal / puede causar gastroenteritis o vómitos. Puede contener bacterias. Produce dolor de estómago. Perjudica los riñones / produce piedras.	No tiene contaminantes ni sustancias perjudiciales. Es mejor (muy buena) para nuestro cuerpo. Es más sana / más saludable. Es mejor para los riñones. Ayuda a eliminar toxinas. Mejora (regenera) el organismo. Más beneficiosa. Nos previene de enfermedades.
SEGURIDAD	Lleva suciedad de las tuberías. Menos limpia. No está purificada / a veces no es potable. Puede estar contaminada. No está purificada. Pasa menos controles. Inspira poca confianza. Menor control que la embotellada. No te fías.	Está más controlada. Mayor control sanitario. Pasa más revisiones. Menos contaminada. Más depurada / más limpia. Está purificada. Pasa más controles / pasa más revisiones / ha sido revisada. Mayor garantía. Te fías más.
CALIDAD	Mala calidad / menor calidad / calidad aceptable. Menor control de calidad.	Más calidad / mejor calidad.
		Pasa controles de calidad.
		Da mejor impresión.
PUREZA	Impura / no es tan pura.	Pureza total / es más pura.
ORIGEN	Depende de donde venga. Los embalses no es la mejor forma de mantener el agua / tratada en depuradoras.	Más natural. Viene de la sierra.
PRECIO	Más barata / gratuita / no es tan cara.	Más cara. Precio más alto.
PROBLEMAS ASOCIADOS	Canalizaciones en mal estado.	Agotamiento de manantiales. Se generan residuos. Reciclado botellas plástico. Contaminación.
OTROS	No hay diferencias, prefiero la del grifo. Las noto iguales. Los mismos beneficios.	

Tabla 4.4. Diferencias entre el agua del grifo y el agua embotellada según los estudiantes de Magisterio.

Como se observa, la tabla presentada contiene un importante número de ideas y creencias relacionadas con el agua de bebida, y sobre las parece oportuno realizar algunas consideraciones. En primer lugar, y en concordancia con la literatura consultada (Bullers, 2002; CECU 2011; Ferrier, 2001; Giraldo, Cañada, Dávila y Melo, 2015), buena parte de los estudiantes parece mostrar una percepción negativa hacia el agua de la red pública, lo que repercute en las actitudes hacia su consumo.

Así, y prescindiendo de las lógicas diferencias “de sabor” o “precio”, son muchos los estudiantes que consideran que el agua del grifo es “de peor calidad, menos limpia, menos controlada, menos fiable, menos segura” que el agua de consumo envasada, resultando un conjunto de ideas o creencias que no están justificadas con carácter general, ni para las que parecen existir razones concluyentes, de acuerdo con diferentes estudios e informes técnicos realizados (Lazlo, 2005; Olson, 1999; UNESCO, 2003). Aunque en el epígrafe anterior se han mostrado ejemplos de respuestas sobre esta cuestión, creemos oportuno cerrar este planteamiento mostrando la respuesta literal del estudiante E08127, y que presenta de forma clara la tendencia apuntada: *«El agua del grifo es no muy potable ya que contiene partículas que contaminan y que no son muy favorables para nuestro organismo. Pienso que no se debe beber “agua del grifo” sino utilizarla para higiene y limpieza. Sin embargo, el agua embotellada ya viene preparada, liberada de toda partícula que la contamine o ensucie»*.

En segundo lugar, debemos destacar, las continuas referencias a la presencia de “cal” en el agua del grifo, algo que parece exclusivo del agua corriente y de lo que la embotellada parece estar exento. Los estudiantes perciben la “cal” del agua como “algo negativo, dañino”, que causa “problemas de salud” y que constituye una importante razón para evitar el consumo del agua de la red pública (Rodríguez Mora y Blanco, 2012). Volveremos a considerar las opiniones sobre este tema en el epígrafe siguiente.

En tercer lugar, y aunque no todos los estudiantes consideran necesario ni justificado consumir agua de bebida embotellada, no es de extrañar que un elevado porcentaje de estudiantes considere que el agua embotellada es una alternativa de superior calidad al agua del grifo. Si prescindimos de los aspectos relacionados con el sabor, ocio y conveniencia (consumo recreativo), tradición, etc., las principales “sensaciones” de los estudiantes hacia el consumo de este producto podrían englobarse en los cuatro tipos que se indican en la tabla 4.5, donde se muestra el número de veces que cada una de estas ideas aparece en los cuestionarios analizados.

PERCEPCIÓN HACIA EL AGUA EMBOTELLADA	FRECUENCIA
Efectos beneficiosos sobre la salud.	43
Mayor seguridad y confianza hacia el producto.	33
Mayor calidad.	16
Mayor pureza.	11

Tabla 4.5. “Sensaciones” de los estudiantes sobre el consumo de agua embotellada.

Como hemos podido comprobar en buena parte de las respuestas se halla implícita la idea de que el agua embotellada es “mejor”, se percibe como más sana y pura, más fiable y segura que la del grifo. En este sentido, los estudiantes parecen dotar al agua embotellada de un especial valor añadido con base en unas “propiedades especiales” de las que parece estar exenta “la humilde agua que sale por el grifo”.

Estos resultados se muestran similares a los obtenidos en nuestro primer estudio con alumnado de ESO y Bachillerato, y parecen confirmar la tendencia de que los estudiantes de más edad muestran una mayor confianza hacia el agua embotellada frente al agua de consumo público.

Finalmente, indicar que se indagó en las ideas de los estudiantes acerca de las consecuencias del consumo masivo de agua de bebida envasada. Como se indicó en el epígrafe 4.1.1.3, la industria del agua envasada no es inocua con el medio ambiente: el gasto de energía asociado a la fabricación de los envases de plástico, el transporte y distribución del agua, así como los efectos contaminantes del plástico de las botellas ya utilizadas, se revelan como problemas medioambientales de primer orden (Denehy, 2008; Ferrer, 2001; Gleick y Cooley, 2009). Debemos destacar, que un número importante de estudiantes desconocían o nunca se habían planteado “este problema”, quizá el más importante al que debe enfrentarse la industria del agua embotellada.

4.2.3. Opiniones de estudiantes de 3º ESO sobre el agua embotellada y el agua del grifo.

Nuestro análisis exploratorio del contexto del agua de bebida embotellada concluye con el estudio llevado a cabo con estudiantes de tercer curso de ESO. La metodología aplicada fue similar a la referida en los estudios anteriores, aunque se utilizó una versión adaptada y reducida (con 8 ítems) del cuestionario utilizado con los estudiantes de Magisterio (anexo IIB).

El objetivo de este nuevo estudio era determinar si el conjunto de razones y creencias detectadas en los estudios anteriores, con estudiantes de más formación académica, también se encontraban presentes en las respuestas de los estudiantes de 14/15 años que cursaban 3º ESO. En particular, se prestó una especial atención a las ideas y concepciones de estos estudiantes sobre la presencia de “cal” en el agua del grifo y su influencia en las actitudes hacia el consumo de este tipo de agua.

El estudio se realizó en el mes de abril del curso 2009/2010, con la participación de 68 estudiantes de tres centros de la provincia de Málaga, en uno de los cuales trabaja el autor de esta investigación. El análisis de las respuestas nos permitió encontrar un conjunto de ideas y creencias sobre el consumo de agua del grifo o embotellada bastante similar a las ya expuestas anteriormente, como se muestra en la tabla 4.6.

CREENCIAS Y OPINIONES	FRECUENCIA
El agua embotellada es más sana, más saludable.	13
El agua embotellada es más segura, está más limpia, no contiene bacterias.	10
El agua embotellada no contiene “cal”; sólo el agua del grifo contiene “cal”.	8
El agua del grifo contiene bacterias, tiene muchos microbios, “está sucia”, está contaminada.	7
Es “malo” beber agua del grifo, causa problemas de salud (riñón).	4

Tabla 4.6. Percepciones de los estudiantes de 3º ESO sobre el agua embotellada y el agua del grifo (tomado de Blanco, España y Rodríguez Mora, 2012).

Como puede observarse, la consideración de un agua embotellada “más sana y segura”, en contraposición con un agua pública “sucia y contaminada” vuelve a encontrarse de manera significativa en las respuestas de los estudiantes. Como ejemplo de la “mala imagen” que ciertos estudiantes pueden llegar a tener del agua de la red pública, mostramos las siguientes respuestas literales, donde creemos que sobran los comentarios:

E0938: «*El agua embotellada está hecha para beber y el agua del grifo para lavar los platos, ducharnos...*».

E0950: «*...el agua del grifo tiene muchas grasas de animales muertos*».

Entendemos que no es necesario volver a insistir en la situación presentada. Lo que sí parece quedar claro, es que el consumo de estos dos tipos de agua moviliza, con carácter general, ideas y creencias muy similares en todos los estudiantes participantes, a pesar de las diferencias de edad y formación, y que son en buena medida, concordantes con las encontradas en la literatura manejada.

No obstante, sí realizaremos algunas consideraciones sobre las referencias a la presencia de “cal” en el agua del grifo. A este respecto, debemos indicar que los estudiantes, con frecuencia, consideran que la “cal” en el agua es un aspecto relevante para diferenciar el agua embotellada de la del grifo y, por tanto, un aspecto importante para tomar la decisión de consumir un tipo de agua u otro, y particularmente, para preferir el consumo de agua embotellada (Rodríguez Mora y Blanco, 2012).

De la misma manera, la presencia de “cal” es asumida por muchos de los estudiantes participantes como algo exclusivo del agua del grifo y de la que el agua embotellada parece estar exenta. En esta línea aparecen de forma significativa afirmaciones del tipo «*Porque [la embotellada] no tiene cal como el agua del grifo*» (E0924), o «*Porque la del grifo tiene unas sustancias como la cal que el agua embotellada no tiene*» (E0962). En algún caso se considera que la cal en el agua embotellada, en caso de tenerla, está disuelta y “apenas se ve”, mientras que la del agua del grifo “se ve a simple vista”: «*Se ve en el agua del grifo el color blanco de la cal*» (E0911).

Finalmente, la presencia de “cal” en el agua del grifo viene a identificarse como algo negativo, lo que contribuye a la mala percepción que, en general, parecen tener muchos

de ellos sobre el agua de la red de abastecimiento público: *El agua del grifo es mala por la cal* (E0915). También se identificó la creencia de que la cal del agua parece ser algo “externo” añadido al agua, y no una particularidad debida a su origen y composición: «*El agua del grifo puede tener cal de las tuberías pero el agua embotellada no tiene cal porque no la hemos sacado de las tuberías*» (E0961).

Concluida esta primera etapa para recabar información, donde hemos centrado el foco de interés en explorar las ideas y opiniones de los estudiantes sobre el contexto del agua embotellada, plantearemos en lo que sigue algunas consideraciones para su tratamiento educativo.

4.3. SITUACIONES DE ENSEÑANZA BASADAS EN EL CONTEXTO DEL AGUA DE BEBIDA ENVASADA

En el epígrafe anterior hemos presentado un número significativo de los puntos de vista personales de estudiantes de diferentes niveles educativos sobre el agua que bebemos, ya sea del grifo o embotellada. De la misma manera, se ha configurado un importante catálogo de opiniones y creencias que parecen influir tanto en la percepción como en las actitudes que muestran los estudiantes sobre el consumo de estos tipos de aguas. Hemos observado cómo un cierto número de estas opiniones y creencias adquiridas parecen tener bastante “arraigo popular” y pueden encontrarse en los estudiantes de las distintas muestras investigadas, con edades y formación bastante diferentes.

Así, entendemos oportuno la necesidad de que la futura propuesta didáctica que se plantee sobre el consumo de agua de bebida embotellada, entre otros aspectos, atienda a algunas de estas opiniones o creencias con la intención de que los estudiantes las revisen y evalúen, en la medida de lo posible, basándose en el conocimiento científico dada la importante relación que parece ponerse de manifiesto entre la educación científica y las creencias, actitudes y valores (España, 2008).

Desde estas consideraciones, se procede a identificar y elegir qué situaciones, aspectos o problemáticas del contexto del “agua de bebida embotellada” pueden resultar más relevantes desde un punto de vista educativo, esto es, pueden ser utilizados como situaciones de enseñanza para su tratamiento didáctico en el aula. De entrada, centraremos estas situaciones en torno a la disyuntiva entre qué tipo de agua consumir, del grifo o embotellada, las cuales se presentarán agrupadas en las tres dimensiones básicas que se comentan seguidamente:

- a) Semejanzas y diferencias, a efectos de procedencia, composición y vigilancia sanitaria, entre el agua de consumo embotellada y del grifo.
- b) Análisis de algunas de las razones y creencias sobre el consumo de agua de bebida embotellada.
- c) Repercusiones medioambientales del consumo de agua embotellada.

4.3.1. ¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?

Debemos dejar claro que en el tratamiento educativo de este interrogante, en ningún momento se toma partido por un tipo u otro de agua en particular, es decir, no se pretende convencer a los estudiantes de que consuman o no agua embotellada o que elijan preferentemente el agua del grifo, ni de equiparar estos tipos de aguas de bebida. Más bien, lo que se plantea es la necesidad de que conozcan mejor algunas características del agua que consumen, con el objeto de que fundamenten sus decisiones en el conocimiento de la ciencia, y no en creencias o en opiniones, muchas veces infundadas, o en mensajes publicitarios de dudosa validez científica.

En relación a este primer interrogante se pueden plantear aspectos más concretos, como los que se indican seguidamente.

La procedencia del agua de bebida (del grifo o embotellada): ¿de dónde viene el agua que bebemos?

De esta manera, pretendemos que el estudiante conozca que no todas las aguas de bebida embotellada contienen agua mineral natural de origen protegido, pudiéndose encontrar con “agua potable preparada” procedente de ríos o del propio abastecimiento público, si bien con una cuota de mercado pequeña. En otras palabras, debe quedar claro para el estudiante que bajo la denominación genérica de “agua embotellada” puede encontrar distintos productos, de acuerdo a la legislación vigente (Ministerio de la Presidencia, 2011a, 2011b).

En la misma medida, queremos que el estudiante conozca el posible origen del agua de la red pública, y conozca algunos de los procesos implicados en la captación y conducción de este tipo de agua hasta los lugares puntuales de abastecimiento.

Posibles diferencias en cuanto a la composición del agua del grifo respecto de la embotellada: ¿contiene también minerales el agua del grifo?

Consideramos importante que los estudiantes reflexionen sobre los componentes del agua que bebemos, comparando distintos análisis químicos del agua del grifo de algunas ciudades y de varias marcas de agua envasada, y en particular, que sean capaces de identificar la presencia de los denominados “minerales esenciales” en los distintos tipos de aguas.

4.3.2. ¿Es necesario consumir agua de bebida embotellada?

En esta segunda cuestión se trata de analizar y confrontar desde el conocimiento científico algunas de las creencias y razones que manejan los estudiantes sobre el consumo de agua embotellada, y que ya hemos puesto de manifiesto a lo largo de este capítulo. De nuevo insistimos en que la finalidad no es tanto “convencer” como presentar distintas

documentos, procedentes de diversas fuentes, con datos útiles e información de interés para que el estudiante reflexione sobre algunos aspectos del agua de bebida, como indican los siguientes interrogantes más concretos.

El “sabor a cloro” del agua corriente: ¿por qué se clora el agua del grifo?, ¿por qué no se clora el agua embotellada?

El mal sabor del agua del grifo ha quedado claramente evidenciado en los apartados anteriores como principal motivo para la elección de agua de consumo envasada. Este mal sabor suele deberse, de manera importante, a la presencia de cloro disuelto como resultado del proceso de desinfección al que se somete el agua de la red pública. Es importante, que el estudiante asuma el considerable avance en materia del cuidado de la salud, a escala planetaria, que ha supuesto la desinfección del agua de bebida en la prevención de enfermedades. De la misma manera, podría ser de interés reflexionar sobre el proceso de producción del agua envasada y por qué no requiere la adición de cloro.

La “cal” o dureza del agua: ¿tiene “cal” el agua embotellada?

La presencia de “cal” en el agua suele considerarse un aspecto negativo para la salud; en igual medida, su presencia está asociada con la mala percepción que muchos estudiantes parecen tener del agua que consumimos del grifo (Rodríguez Mora y Blanco, 2012), aspecto al que nos hemos referido en un epígrafe anterior. Estimamos oportuno ofrecer información sobre el origen químico de la “cal” o dureza del agua, una consecuencia de su composición química, y no como algo externo que “acaba” en el agua como resultado de su canalización por tuberías. Desde esta consideración, sería necesario reflexionar con el estudiante si es correcta la percepción de muchos estudiantes de considerar al agua embotellada exenta de cal. En igual medida, parece de interés conocer acerca de los posibles efectos sobre la salud de la dureza del agua que ingerimos, y su posible fundamento científico, de acuerdo con distintos informes consultados (Cotruvo y Bartram, 2009).

La vigilancia sanitaria del agua: ¿es segura el agua del grifo?

Una de las opiniones que se presenta con cierta frecuencia en los estudiantes es la consideración de un agua del grifo “poco fiable y segura” como hemos visto anteriormente. A pesar de esta percepción negativa los informes técnicos correspondientes concluyen que el agua del grifo, de la práctica totalidad de las poblaciones españolas, es un agua segura cuyo consumo no entraña ningún riesgo para la salud (CECU, 2011). El agua que se obtiene del grifo está sometida a estrictos controles de seguridad y de vigilancia sanitaria para evaluar su calidad física, química y microbiológica, de acuerdo con las distintas reglamentaciones técnico-sanitarias del ordenamiento español y directivas europeas sobre esta materia (AECOSAN, 2015; Ministerio de la Presidencia, 2003).

Se pretende, por tanto, trabajar esta falsa creencia con los estudiantes mostrándoles la frecuencia y distintos tipos de análisis a los que se somete el agua de bebida de la red

pública, y los comparen con los que se realizan sobre el agua de consumo embotellada. De la misma manera, se muestra conveniente que el estudiante pueda consultar los análisis químicos oficiales del agua de consumo de su localidad a través del punto de información web sobre abastecimientos públicos del Ministerio de Sanidad (Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo) (SINAC, 2015).

¿Es más sana el agua embotellada?

La percepción de un agua embotellada más sana y saludable frente a la del grifo, está también fuertemente refrendada por las opiniones de los estudiantes. No obstante, no es inusual la presencia de poblaciones de microorganismos (bacterias y hongos) en el agua de bebida embotellada, que pueden llegar a ser importantes en caso de un transporte o una conservación del producto poco adecuados. Estas situaciones particulares no presentan riesgos de salud para las personas sanas, pero podrían ser un factor importante en ciertos sectores de la población como bebés, personas inmunodeprimidas o ancianos, que reciben agua embotellada bajo la suposición de que esta es más segura que el agua del grifo (Klont, 2004; Olson, 1999).

Por otro lado, la utilización del plástico para la fabricación de recipientes contenedores no está exenta de cierta polémica, debido a la posible disolución en el agua de los compuestos químicos orgánicos presentes en su manufacturación, lo que podría alterar la calidad del agua que se consume y cuyos efectos a largo plazo sobre la salud del consumidor se desconocen (Shotyk, Krachler y Chen, 2006).

No pretendemos que el estudiante concluya que pueda ser “peligroso” consumir agua embotellada, producto alimentario que está sometido a una estricta normativa para su control y vigilancia sanitaria. Sin embargo, parece de interés que los estudiantes conozcan estos otros aspectos del mercado del agua embotellada, así como la necesidad de un correcto proceso de manipulación, distribución y almacenamiento del agua que se vende envasada, con vistas a minimizar la incidencia de los factores citados.

La consideración de lo natural como más puro y mejor es otra creencia cotidiana fuertemente arraigada en los estudiantes (España, 2008), y que cobra especial importancia al referirnos al agua embotellada. Desde este particular, parece adecuado considerar las distintas acepciones del término puro/pura, así como reflexionar con los estudiantes si cualquier tipo de agua embotellada está exenta de manipulación.

Finalmente, y a tenor de los distintos informes consultados, debemos cerrar este epígrafe concluyendo que no parecen estar claras las ventajas comparativas del consumo de agua embotellada respecto al agua pública de la red pública, al menos en cuanto a los efectos sobre la salud o su vigilancia sanitaria se refieren.

4.3.3. ¿Es inocua la industria del agua embotellada?

En esta tercera dimensión se trata de hacer más conscientes a los estudiantes del posible impacto social y medioambiental que distintos sectores críticos asocian con el consumo masivo de agua de bebida embotellada (Da Cruz, 2006; Ferrier, 2001), aspecto sobre el que muchos estudiantes parecen estar totalmente ajenos, de acuerdo a lo encontrado en el análisis de sus respuestas.

En particular, cobra especial importancia la percepción de los “riesgos” éticos, sociales y ambientales que introduce el consumo de este tipo de agua, como el importante aumento del gasto de energía que parece conllevar la fabricación de las botellas de plástico para el envasado, así como el transporte del agua (en ocasiones con puntos de venta a miles de kilómetros de la captación). De la misma manera, aspectos de contaminación por la emisión adicional de CO₂, el reciclado del plástico de los envases tras su uso o el agotamiento de los recursos naturales disponibles, fundamentalmente en países en vías de desarrollo (Ferrier, 2001; Glennon, 2002), podrían ser aspectos de interés a considerar de este problema.

4.4. TRATAMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTEXTO: PRIMERAS PROPUESTAS EDUCATIVAS

Tras plantear qué situaciones o problemas relevantes sobre el contexto del agua de bebida parecen, a priori, adecuados para su tratamiento en el aula, nuestra siguiente etapa se centra en la elaboración y puesta en práctica de unas primeras versiones del tratamiento didáctico de estos aspectos y situaciones en el aula. Esta etapa se desarrolló a lo largo de los cursos académicos 2009/2010 y 2010/2011 con alumnado de 4º ESO y 3º ESO, respectivamente.

Para la planificación específica de la intervención docente en el aula se consideró como principal herramienta para la práctica educativa, la elaboración de una secuencia didáctica o secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA), plasmada en forma de un conjunto organizado y estructurado de actividades (Leach y Scott, 2002; Meheut, 2004). Dicha secuencia será refinada en un proceso de diseño y análisis iterativo, de conformidad con el marco metodológico asumido de las investigaciones basadas en el diseño, tal como se ha comentado en el capítulo III (Couso, Hernández y Pintó, 2009; DBRC, 2003; Juuti y Lavonen, 2006).

4.4.1. Primera versión de la secuencia didáctica para estudiantes de 4º ESO

En el marco de esta investigación el interés de esta primera propuesta se centra no tanto en el proceso de su diseño y puesta en práctica, como en avanzar hacia la integración de distintos aspectos del contexto del consumo de agua envasada en una secuencia didáctica, y cómo presentar estos contenidos a los estudiantes.

Desde esta perspectiva, se realizó un ensayo preliminar en cuarto curso de ESO bajo el título *Conociendo el agua que bebes*, centrado exclusivamente en el problema del consumo de agua embotellada y no integrado con los conocimientos científicos, con la finalidad de analizar las distintas situaciones planteadas en el epígrafe anterior como posible contexto de aplicación (Marchán, Márquez y Sanmartí, 2013). A este respecto, debe recordarse que los estudiantes participantes habían estudiado previamente los contenidos científicos implicados en la secuencia: caracterización de sistemas materiales, tipos de mezclas, propiedades básicas de las disoluciones, cálculos sobre composición cuantitativa de una disolución, etc.

4.4.1.1. Descripción e implementación de la secuencia

A pesar del carácter tentativo de esta primera versión en 4º ESO, y con el propósito indicado más arriba, se procura atender a los aspectos relevantes que debe contemplar la elaboración de una secuencia didáctica, para lo que se toma en consideración algunos modelos fundamentados de planificación de secuencias didácticas, con especial atención a los de Sánchez Blanco y Valcárcel (1993) y Pro y Saura (2007), ya presentados en el marco teórico de esta investigación de tesis (véase capítulo II).

Basándonos en estos modelos se decide articular la secuencia en torno a unos pocos interrogantes centrales, que girando en torno al agua de bebida embotellada, sirvan como guía para su diseño y desarrollo. Estos problemas básicos, ya analizados en el epígrafe 4.3, son los siguientes:

- a) ¿Necesitamos consumir agua embotellada?
- b) ¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?
- c) ¿Plantea problemas medioambientales el consumo de agua embotellada?

Para tratar de “responder” a estos interrogantes clave se procede a planificar la secuencia de actividades que marcará la actuación en el aula y que se recoge en la tabla 4.7.

La coherencia interna de esta secuencia fue valorada positivamente por varios profesores (de la especialidad de Física y Química de Educación Secundaria y de Didáctica de las Ciencias Experimentales) consultados que actuaron en calidad de expertos; además, las sugerencias y propuestas de mejora planteadas fueron incorporadas a la versión de la SEA para su implementación en el aula.

Se puede observar que la secuencia de actividades se desarrolla en tres etapas, equivalentes a las tres partes del tratamiento de un problema: identificación, resolución y presentación de resultados. Las actividades que se incluyen en la etapa 1 (identificación del problema) sirven como introducción a la temática planteada, a la que vez que tratan de centrar la atención y fomentar el interés de los estudiantes hacia el contexto del agua de bebida.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES – VERSIÓN 4º ESO	
ETAPA 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	
<ul style="list-style-type: none"> Breve exposición del profesor sobre la finalidad y estructura de la secuencia didáctica. Presentación de diapositivas con imágenes alusivas a distintas situaciones relacionadas con el consumo de agua de bebida (embotellada y del grifo). Planteamiento de los tres interrogantes centrales de la secuencia. Cumplimentación de un cuestionario inicial para conocer las opiniones de los estudiantes sobre el consumo de agua embotellada e indagar en las razones para su consumo. 	
ETAPA 2: RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA	
Revisión de contenidos de química	
<ul style="list-style-type: none"> Revisión de aspectos básicos sobre mezclas y disoluciones, a través de la consulta de la web. Caracterización química del agua del grifo y del agua embotellada como sistemas materiales. Análisis de la frase “agua pura” frecuente en la publicidad del agua embotellada, desde el punto de vista químico. 	
¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?	
<ul style="list-style-type: none"> Consulta de recursos web sobre los distintos tipos de agua envasadas que se comercializan en España. Lectura de un texto sobre los posibles orígenes del agua de la red de abastecimiento público. Comparativa entre el origen del agua del grifo y del agua embotellada. Consulta de etiquetas para comparar la composición química de distintas marcas de agua de agua de bebida embotellada. Consulta de recursos en la web sobre el significado del término “residuo seco”. Consulta de análisis químicos oficiales del agua del grifo de varias poblaciones. Completar una tabla para comparar los “los minerales” del agua del grifo y embotellada. Buscar información en la web sobre el proceso de potabilización al que se somete el agua del grifo. 	
¿Necesitamos consumir agua embotellada?	
<ul style="list-style-type: none"> Lectura de textos informativos sobre posibles razones para consumir o para no consumir agua de bebida embotellada. Consulta de información en la web sobre los aspectos químicos de la dureza del agua. Consulta de información en la web sobre ventajas e inconvenientes del “agua dura”. Lectura de un texto con extractos de varios informes y estudios relevantes sobre la presencia de restos de contaminación química y bacteriológica encontrados en el agua embotellada. 	
¿Plantea problemas medioambientales el consumo de agua embotellada?	
<ul style="list-style-type: none"> Lectura de noticias extraídas de periódicos sobre los efectos medioambientales del consumo de agua envasada. 	
ETAPA 3: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	
<ul style="list-style-type: none"> Elaborar una tabla con posibles ventajas e inconvenientes al consumir agua del grifo o embotellada. 	

Tabla 4.7. Secuencia de actividades presentada a los estudiantes (versión 4º ESO).

Las actividades de la etapa 2 (resolución del problema) pueden ordenarse en dos bloques. El primero contiene una serie de actividades para que los estudiantes revisen algunos aspectos distintivos de las disoluciones y apliquen estas nociones a la descripción y caracterización del agua del grifo y el agua embotellada como sistemas observables químicos –debemos recordar que estos contenidos se introducen en la materia de Ciencias de la Naturaleza (Física y Química) en 3º ESO–. En el segundo bloque se presentan las actividades relacionadas con las situaciones propias del contexto del agua de bebida, a través del planteamiento de los tres interrogantes clave que vertebran el diseño de la secuencia, antes comentados.

Las actividades de la etapa 3 (presentación de resultados) deben servir para reflexionar sobre las posibles ventajas e inconvenientes por consumir agua del grifo o agua embotellada, a modo de conclusión y cierre de la secuencia.

Finalmente, se procede a “dar forma” a cada una de las actividades indicadas. Aunque no se prioriza en esta primera tentativa el enfoque por competencias, se avanza hacia su posible desarrollo en el aula, para lo cual se tienen en cuenta algunas de las directrices y orientaciones sobre cómo entender y trabajar aspectos concretos de las distintas competencias científicas, a través de los varios documentos de síntesis elaborados por investigadores que participan en el proyecto de investigación COMPCIEN 10-16 (Blanco, España y González, 2010).

Se procuró que la demanda de las actividades exigiera obtener, comprender y seleccionar información a partir de la web y de la lectura de diversos tipos de textos. En el anexo IIIA se puede consultar la secuencia completa –el cuaderno de trabajo– tal como fue presentada a los estudiantes; a modo de ejemplo, mostramos algunas actividades en la figura 4.7.

CONOCIENDO EL AGUA QUE BEBES

SISTEMAS MATERIALES

A.1. ¿Qué tipo de sistemas materiales son el agua del grifo y el agua embotellada?

A.1.1. Lee el texto que se indica a continuación.

La mayoría de los materiales que conoces o que manejas habitualmente no son puros. De hecho es difícil encontrar en nuestra vida diaria materiales que sean químicamente puros. La mayoría mayoría de los materiales son en realidad mezclas de sustancias. El agua que bebes, ya sea del grifo o ya sea de botella, tampoco es químicamente pura. El agua destilada sí puede considerarse agua pura porque sólo contiene agua. Sin embargo, el agua es un compuesto disolvente, es una sustancia capaz de disolver con mucha facilidad una gran variedad de otras sustancias. Los solutos son esas sustancias que son disueltas por el agua. Por tal motivo, tanto el agua del grifo como el agua embotellada contienen además de agua una serie de sustancias disueltas, normalmente sales minerales. Aunque estas sustancias están disueltas en el agua, la verdad es que no podemos verlas, ni siquiera utilizando el ojo potente de los microscopios. Tampoco pueden separar estas sustancias del agua utilizando un filtro, porque el tamaño de las partículas disueltas es tan pequeño que pasan a través de los poros del filtro. Sin embargo, hay otros métodos para separar las sales disueltas en el agua, por ejemplo, mediante la evaporación del líquido. Si pones a hervir agua del grifo o agua de botella, verás que al cabo de un tiempo todo el líquido se ha evaporado y te ha quedado un residuo blancoqueoso en el fondo del recipiente. has conseguido en forma sólida las sales minerales que había disueltas en el agua.

A.1.2. Consulta la siguiente página Web sobre la clasificación de los sistemas materiales: http://www.quimicaweb.net/grupo_sabio_fyq3tema3/index3.htm

A.1.3. De acuerdo con la consulta Web y la lectura del texto anterior, ¿qué tipo de sistemas materiales pueden considerarse el agua del grifo y el agua embotellada?

A.1.4. Cita varias propiedades que puedan considerarse características de estos sistemas materiales.

A.1.5. ¿Es pura el agua embotellada?




Figura 4.7. Ejemplos de actividades de la secuencia didáctica (versión 4º ESO).

A lo largo de la secuencia se presentó a los estudiantes información relevante sobre el contexto del agua de bebida: distintos tipos de agua envasadas que se comercializan en España, origen y composición del agua embotellada y del grifo, proceso de potabilización del agua de consumo público, el origen de la dureza del agua y su relación con la salud de consumidor. De la misma manera, se ha ofrecido información adecuada para que los estudiantes contrasten algunas de sus razones para el consumo de agua envasada, al objeto de que tengan una perspectiva más amplia para fundamentar sus decisiones al respecto. En cualquier caso, debemos indicar que durante la experiencia el profesor no manifestó, en ningún momento, su posición personal sobre el tema para no influir en las opiniones y valoraciones del alumnado.

La experiencia se llevó a la práctica durante el mes de abril de 2010 en el IES Luis Barahona de Soto de Archidona (Málaga), desarrollándose en las horas de la materia de Física y Química, optativa en 4º ESO, siendo el profesor de la materia el autor de este trabajo de investigación. Días antes de la implementación, el profesor informó al grupo del estudio que se quería realizar. Todas las sesiones de la puesta en práctica se llevaron a cabo a primera hora lectiva de la mañana, de acuerdo con el horario asignado al profesor.

El grupo 4º ESO A, donde se desarrolló esta experiencia, estaba compuesto por 23 estudiantes (10 chicos y 13 chicas) quienes se mostraron excepcionalmente colaboradores durante su desarrollo, sin que se observara ningún incidente digno de mención. Además, el grupo había mantenido, salvo dos estudiantes, un rendimiento académico excelente a lo largo del curso escolar (con una calificación media superior a 8) y mostraba un alto interés por las materias científicas. Todos estos estudiantes continuaron cursando la modalidad científica del Bachillerato, la mayoría con magníficas calificaciones.

Para la implementación en el aula se utilizaron cuatro sesiones de clase de 60 minutos de duración, aunque para cumplir esta previsión, el profesor pidió a los estudiantes que algunas de las actividades planteadas se desarrollaran como tareas de casa. Varios días después de finalizar la puesta en práctica el profesor pidió a los estudiantes que contaran por escrito a varias preguntas que contenían exclusivamente aspectos relacionados con el contexto, sin ninguna referencia al conocimiento químico (véase anexo IVA). En particular, se pidió a los estudiantes que manifestaran su posición personal en relación a las tres cuestiones sobre el consumo de agua embotellada que se habían planteado a lo largo de la secuencia, a saber: ¿es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?, ¿necesitamos consumir agua embotellada? y ¿plantea problemas medioambientales el consumo de agua embotellada?

Para el seguimiento de la puesta en práctica el profesor utilizó, fundamentalmente, la observación sistemática que plasmó en una serie de anotaciones escritas a modo de diario de clase. En el mismo el profesor recogió, tras cada sesión, las actividades realizadas, posibles cambios o modificaciones a considerar, situaciones relevantes, así como comentarios u opiniones personales sobre su desarrollo.

Dada la inexperiencia del docente sobre este particular, al ser la primera vez que asumía el rol de profesor investigador o que hacía uso de este tipo de herramientas para la recogida de información con fines de una investigación educativa, se optó por utilizar una plantilla “cerrada” para realizar el seguimiento, una adaptación sencilla del modelo de ficha que plantea de Pro (2011), y que puede consultarse en el anexo IIIA.

Las anotaciones del profesor se complementaron con el análisis de las producciones y actividades desarrolladas por los estudiantes. Por distintos motivos, no fue posible grabar (audio o vídeo) las sesiones de la puesta en práctica.

4.4.1.2. Algunas consideraciones sobre el desarrollo de la experiencia y propuestas de mejora

Como consideración de partida debemos indicar que era la primera vez que el grupo trabajaba “un tema así”, donde el énfasis no se centra tanto en los conocimientos científicos como en presentar situaciones de enseñanza y aprendizaje sobre el contexto del agua de bebida embotellada.

La presentación de las actividades en torno a aspectos o situaciones concretas del contexto: ¿de dónde viene el agua que bebemos?, ¿qué lleva el agua del grifo?, ¿necesitamos consumir agua embotellada?, etc., se mostró adecuada para conectar y ordenar los contenidos de la propuesta, a la vez que pareció ayudar a centrar la atención de los estudiantes en los aspectos principales de la secuencia.

En relación con el contenido de la secuencia el análisis de los cuestionarios revela un conjunto de ideas y creencias sobre el agua embotellada en concordancia con lo manifestado en el apartado 4.2, no observándose diferencias dignas de mención. Particularmente “chocante” para los estudiantes fue descubrir la presencia de restos de contaminación en el agua envasada, de acuerdo con los informes técnicos presentados, información que pareció causar cierto desconcierto entre los estudiantes que “no se lo esperaban”.

Por otro lado, la mayoría de los estudiantes no pareció mostrar demasiada dificultad al caracterizar el agua de bebida como una “disolución de sales”, una vez que se revisaron los atributos básicos de este tipo de sistemas materiales. A este respecto, y aunque se hizo coincidir la implementación con el desarrollo en el aula del bloque de Química de 4º ESO, se consideró que el marco natural para el desarrollo de estas actividades era el 3º curso de ESO, al abordar el estudio de los sistemas materiales, y en particular, las disoluciones, por formar estos contenidos parte del currículo de ciencias de este curso. En definitiva, y en términos generales, los estudiantes no manifestaron demasiadas dudas sobre el conjunto de las actividades programadas, debiendo suponer que se plantearon convenientemente al nivel de los estudiantes.

Los estudiantes valoraron positivamente esta “novedad” respecto a la rutina de clase. Pero dada la alta implicación que mostró el grupo no fue fácil para el docente identificar

qué dimensiones sobre el agua de bebida resultaron de mayor interés. No obstante, los aspectos relacionados con la composición química del agua de bebida, y en particular, las actividades relacionadas con el reconocimiento de “los minerales” del agua del grifo parecieron captar especialmente la atención del grupo, frente a las actividades en torno al origen y procedencia del agua que resultaron de menor interés. En este sentido, creemos necesario la inclusión, para próximas versiones, de algún tipo de cuestionario de valoración para que los estudiantes expliciten sus opiniones y puntos de vista sobre la secuencia planteada.

No obstante, a pesar de su alto grado de implicación, y la buena aceptación de la experiencia, más de una vez entre los estudiantes “planeó la idea de no perder muchas horas de clase”. Incluso algunos estudiantes plantearon al profesor la posible influencia del desarrollo de esta innovación en su expediente académico, al tratarse de “actividades menos comunes” y a *«las que estamos menos acostumbrados»*, aspectos que el profesor aclaró con el grupo.

Finalmente, indicar que el número de horas asignadas para el desarrollo se mostró claramente insuficiente, lo que llevó al profesor a no poder corregir algunas de las actividades planificadas, siendo necesario para futuras versiones dedicar un periodo de tiempo mayor para el correcto desarrollo de la secuencia.

A raíz de lo observado en el seguimiento del desarrollo de la puesta en práctica de esta primera versión de la propuesta didáctica, seguidamente se indican algunas ideas y propuestas para la mejora del diseño y puesta en práctica de una futura versión.

- La secuencia de actividades debe ser rediseñada en su adaptación a 3º ESO, a fin de utilizar el “consumo de agua de bebida envasada” como contexto de construcción de conocimiento científico y no solo de aplicación. Así, parte de los contenidos de la secuencia deberán vincularse con el tratamiento de los aspectos curriculares que sobre sistemas materiales se engloban en el bloque Diversidad y unidad de estructura de la materia de Ciencias de la Naturaleza (Física y Química). Debe asimismo, incorporar actividades que permitan construir en este contexto los contenidos básicos de química que se precisan: noción de disolución y atributos básicos, métodos físicos de separación de mezclas, composición de una disolución, etc.
- El desarrollo de la secuencia en 3º ESO plantea el hándicap asociado a la escasa carga lectiva de la materia de Física y Química, con solo 2 horas semanales. Para evitar una dilatación excesiva en el tiempo parece conveniente suprimir el tratamiento de alguno de los interrogantes centrales que hemos planteado. De acuerdo al catálogo de ideas y creencias que se considera en la tabla 4.6, parece más oportuno suprimir la problemática relacionada con las repercusiones medioambientales del agua embotellada, al aparecer con menor frecuencia en las respuestas de los estudiantes. De esta manera, se conviene para la próxima versión, desarrollar únicamente los dos siguientes interrogantes clave: *¿Es necesario consumir agua embotellada?* y *¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?*

- El modelo de planificación utilizado se muestra adecuado a la finalidad de la secuencia, aunque sería necesario avanzar hacia su adaptación integrando distintos aspectos de un enfoque de enseñanza basado en el contexto y el tratamiento de competencias científicas, de acuerdo al modelo de planificación que se viene desarrollando en el proyecto de investigación COMPCIEN 10-16, donde hemos encuadrado esta investigación de tesis.
- Consideramos adecuado presentar la secuencia estructurada en “fases”, en paralelo con las etapas asociadas a la resolución de un problema, fases que pueden ordenarse según las distintas situaciones del proceso de aprendizaje de los estudiantes.
- Para obtener una mejor visión de conjunto se evidencia la necesidad de incluir una breve introducción a la secuencia en la que se justifique el tema elegido, y se haga constar de forma explícita su finalidad y objetivos.
- La SEA debe incluir los criterios para su evaluación. De la misma manera, se conviene en diseñar una primera versión de una prueba escrita de evaluación utilizando el contexto del agua embotellada.
- Para organizar y desarrollar los contenidos de la secuencia se opta por presentar las actividades agrupadas en “tareas”, término de uso frecuente por los estudiantes. Cada “tarea” propone un aspecto particular del contexto del agua embotellada y consta de varias actividades para su tratamiento didáctico en el aula.
- Se decide incluir un conjunto de “ideas clave” a modo de síntesis de los contenidos básicos de química que se desarrollen en la secuencia.
- Se considera mantener buena parte de las actividades presentadas sobre el contexto, pero dada la finalidad última de la secuencia, que no es otro que el desarrollo de competencias científicas, se debe avanzar en el diseño y presentación de estas actividades con el fin de enfatizar su demanda competencial.
- Se muestra oportuno desarrollar en mayor profundidad algunos aspectos del contexto, como los relacionados con la dureza del agua. De la misma manera, debe considerarse la supresión de algunas de las actividades planificadas que se mostraron innecesarias o poco adecuadas.
- Parece oportuno “reforzar” la motivación en el inicio de la unidad incluyendo alguna actividad adicional. Apostamos por incluir aspectos relacionados con la publicidad del agua embotellada.
- De forma más concreta, debe informarse de la “calidad” de las fuentes de información utilizadas para su consulta, al objeto de que el estudiante mantenga una actitud suficientemente crítica de la información recibida.

- Parece adecuado ordenar las actividades de la secuencia en un formato de cuadernillo de trabajo, con “zonas en blanco” para que los propios estudiantes escriban sus respuestas, explicaciones, etc.
- De la misma manera, se muestra necesario incluir, al finalizar la implementación, algún tipo de “cuestionario de satisfacción” con objeto de que los estudiantes expliciten sus puntos de vista sobre el contenido y puesta en práctica de la secuencia, con el objeto de obtener una mejor fundamentación de las conclusiones sobre su desarrollo.
- Para aumentar la calidad de los datos obtenidos debe procurarse la grabación, en audio o vídeo, del desarrollo de las sesiones de la puesta en práctica, a fin de poder realizar un análisis más exhaustivo de su desarrollo en el aula.
- De la misma manera, parece conveniente no limitar las anotaciones del profesor, sobre el seguimiento de la puesta en práctica, al cumplimiento de una plantilla de tipo cerrado, prefiriendo desarrollar un diario de clase “menos encorsetado”.

4.4.2. Segunda versión de la secuencia didáctica para estudiantes de 3º ESO

Tras el análisis del ensayo preliminar implementado en 4º ESO se procede a incorporar al diseño de la SEA la serie de mejoras indicadas en el apartado anterior, así como los cambios y modificaciones pertinentes para su puesta en práctica en 3º curso de ESO. La principal transformación se relaciona con la utilización de las situaciones asociadas con el consumo de agua embotellada como contexto para la construcción de conocimiento científico. En otras palabras, se requiere adaptar la propuesta para incorporar e integrar el conocimiento básico de química con el tratamiento didáctico de las distintas situaciones que sobre el agua de bebida se proponen (Blanco, Franco y España, en prensa).

En particular, se vuelve de interés que el estudiante identifique y caracterice algunos tipos de sistemas materiales, entre los que destaca especialmente las disoluciones. Entendemos que una interpretación correcta de muchas de las situaciones y problemas que pueden asociarse con el contexto elegido, y su adecuada fundamentación científica, requieren reconocer el “agua del grifo” y el “agua embotellada” como observables materiales que pueden describirse y caracterizarse como disoluciones desde el punto de vista químico: la comprensión correcta de una etiqueta de agua envasada podría ser un claro ejemplo de esta situación (Llitió y Sánchez, 1994).

En consecuencia, la secuencia didáctica debe ofrecer a los estudiantes, en paralelo al aprendizaje de aspectos concretos del contexto del agua de bebida, contenidos y actividades para “construir” el concepto de disolución y comprender las características básicas de estos sistemas materiales. Nos basaremos en los trabajos de Blanco (2000) y Sánchez Blanco, Pro y Valcárcel (1997) para fundamentar y secuenciar estos contenidos.

En definitiva, la SEA debe plantear al estudiante situaciones de enseñanza no solo para “practicar ciencia”, sino que, además, debe favorecer la generación de conocimiento significativo desde la perspectiva de la ciencia (Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011). Como se ha indicado, pretendemos de esta manera explorar “el consumo de agua” no solo como un posible contexto de aplicación sino, además, como contexto de construcción de conocimiento (Marchán, Márquez y Sanmartí, 2013).

Desde la perspectiva de esta investigación, con esta segunda versión de nuestra SEA se pretende:

- a) Continuar explorando y analizando las potencialidades didácticas de las situaciones de enseñanza basadas en el consumo de agua de bebida embotellada, ya planteadas en la primera versión.
- b) Realizar una primera tentativa sobre cómo conectar e integrar los aspectos de este contexto con el contenido científico necesario para su correcta fundamentación.
- c) Avanzar hacia el diseño de la SEA desde una perspectiva basada en el desarrollo de competencias científicas.

4.4.2.1. Descripción e implementación de la secuencia

Antes de presentar la nueva secuencia de enseñanza, parece oportuno realizar un inventario de los principales cambios y modificaciones respecto a la primera versión ensayada con estudiantes de 4º ESO, tal como se recoge en la tabla 4.8.

AVANCES EN EL DISEÑO DE LA SEA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se estructura la secuencia desde la perspectiva del proceso de aprendizaje, distinguiéndose tres fases: introducción o inicio, desarrollo y síntesis o cierre, aunque se decide mantener las tres etapas en la resolución de un problema, ya consideradas en la versión previa. ▪ Se mantienen dos de los tres interrogantes clave como ejes para diseñar y elaborar la secuencia: ¿es necesario consumir agua embotellada?, ¿es mejor el agua embotellada que el agua del grifo? ▪ Se presentan las actividades agrupadas en tareas; cada tarea presentará una situación particular relacionada con el contexto del consumo de agua embotellada. ▪ Se enfatiza la demanda competencial en el diseño y redacción de las actividades de la secuencia. ▪ Se incluye una serie de “ideas clave” tras la presentación de los contenidos básicos de química. ▪ El conjunto de actividades se presenta en un doble formato de cuadernillo de trabajo en papel (más clásico) y formato web. ▪ Se incorpora a la secuencia una breve introducción donde se justifica el tema elegido y finalidad de la secuencia. ▪ Se explicitan los objetivos didácticos de la secuencia de enseñanza.

Tabla 4.8. Modificaciones que incorpora la secuencia de actividades (versión 3º ESO), con respecto a la utilizada en 4º de ESO.

AVANCES EN EL DISEÑO DE LA SEA
<ul style="list-style-type: none"> Se proponen los criterios de valoración de la SEA. Se incorpora una actividad de motivación sobre el visionado de un vídeo publicitario de una conocida marca de agua de bebida. Se complementa el cuestionario de ideas previas con una actividad de puesta en común, para conocer las opiniones de los estudiantes sobre el agua de bebida. Se integran con el tratamiento del contexto nuevas actividades para el estudio de las disoluciones: concepto, características, proceso de disolución, métodos de separación, concentración en masa. Se amplía la información y el tratamiento de ciertos aspectos como la dureza, presencia de “cal”, en el agua. Se reformula en profundidad las actividades que se mantienen de la primera versión de la secuencia. Se incorpora un cuestionario de valoración por parte de los estudiantes. Se diseña una prueba de evaluación específica que integra el tratamiento del contexto y de contenidos curriculares.

Tabla 4.8. Modificaciones que incorpora la secuencia de actividades (versión 3º ESO), con respecto a la utilizada en 4º de ESO (continuación).

En esta nueva versión se decide presentar la secuencia dividida en tres fases que se hacen coincidir con los tres momentos “clásicos” del proceso de aprendizaje del alumnado: introducción o inicio, desarrollo y síntesis o cierre (Giné y Parcerisa, 2009; Sánchez Blanco y Valcárcel, 1993). En la tabla 4.9 se declaran las finalidades educativas de cada fase de la secuencia didáctica.

FASES DE LA SECUENCIA	FINALIDADES EDUCATIVAS
Introducción	<ul style="list-style-type: none"> - Informar a los alumnos y alumnas sobre la intencionalidad de la secuencia y de los objetivos didácticos planteados. - Motivar a los estudiantes hacia el conocimiento del contexto del agua de bebida. - Centrar la atención de los alumnos y alumnas sobre este tema. - Presentar los interrogantes clave que vertebran la secuencia: ¿es necesario consumir agua embotellada?, ¿es mejor el agua embotellada que el agua del grifo? - Detectar y explorar ideas iniciales que los alumnos y alumnas manifiestan sobre el consumo de agua de bebida embotellada.
Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> - Introducir los conocimientos básicos de química para fundamentar el contexto del agua de bebida. - Suministrar información sobre el origen y composición de las aguas envasadas y del grifo. - Fundamentar las razones de los estudiantes para el consumo o no de agua de bebida envasada desde el punto de vista de la ciencia. - Hacer más conscientes a los estudiantes acerca de la fiabilidad de las fuentes de información utilizadas en la secuencia.
Síntesis	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer la posición de los estudiantes sobre los dos interrogantes clave planteados en la fase de introducción. - Hacer más conscientes a los estudiantes sobre las posibles ventajas e inconvenientes por consumir agua del grifo o agua de bebida embotellada. - Valorar el desarrollo de la experiencia educativa por parte de los estudiantes.

Tabla 4.9. Fases de la secuencia y finalidades educativas (versión 3º ESO).

Como novedad para desarrollar los contenidos en la nueva secuencia, estas fases se han dividido y organizado por “tareas”, cada una de las cuales atiende a un aspecto concreto del contexto del agua embotellada. En este trabajo de investigación, por “tarea” nos referimos a un conjunto de actividades o demandas articuladas en torno a una situación de enseñanza particular y que dirigen el avance de los contenidos de la secuencia hacia la solución de las distintas cuestiones planteadas. Finalmente, se incorporan ocho tareas a la secuencia, que se muestran en la tabla 4.10 con indicación de la situación de enseñanza involucrada y los objetivos didácticos que se pretenden.

TAREAS DE LA SECUENCIA	SITUACIÓN DEL CONTEXTO
	OBJETIVO DE LA TAREA
FASE DE INTRODUCCIÓN (Presentación del problema)	
Tarea 1. Tus ideas sobre el agua Embotellada.	Opiniones, ideas y creencias sobre el agua de bebida embotellada.
	Elaborar un catálogo de afirmaciones sobre el agua embotellada. Identificar cuáles de estas afirmaciones pueden contrastarse científicamente.
FASE DE DESARROLLO (Resolución del problema)	
Tarea 2. ¿Qué es el agua embotellada?	El agua del grifo y el agua embotellada como sistemas materiales.
	Introducir nociones básicas para la caracterización de las mezclas y disoluciones como sistemas materiales.
Tarea 3. ¿Dónde está la sal?	El agua de bebida como ejemplo de mezcla homogénea que contiene sales minerales disueltas.
	Poner de manifiesto la reversibilidad del proceso de disolución. Presentar métodos físicos para la separación de mezclas.
	Explicar el proceso de disolución a través del uso de modelos.
Tarea 4. Conociendo mejor las disoluciones: la concentración.	Composición del agua de bebida.
	Introducir los contenidos de química básicos para expresar cuantitativamente la composición de una disolución.
Tarea 5. ¿De dónde procede el agua que bebemos?	Diferencias, respecto a su origen, entre el agua del grifo y embotellada.
	Conocer el origen del agua que bebemos, del grifo o embotellada.
Tarea 6. La composición del agua de bebida.	Diferencias, respecto a su composición, entre el agua del grifo y embotellada.
	Interpretar los análisis químicos del agua de bebida y comparar la composición de distintos tipos de agua (embotellada y del grifo).
Tarea 7. ¿Por qué bebemos agua embotellada?	Razones para consumir agua embotellada.
	Informar sobre el posible fundamento científico de algunas de las razones para el consumo de agua embotellada.
FASE DE SÍNTESIS (Presentación de resultados)	
Tarea 8. Síntesis y recapitulación.	Conocer posibles ventajas e inconvenientes entre consumir agua del grifo y agua embotellada.

Tabla 4.10. Tareas de la secuencia y objetivos didácticos (versión 3º ESO).

Seguidamente, y para tratar en el aula los aspectos que se proponen en cada una de las tareas, se procede, a revisar y adaptar de manera importante la primera versión de la secuencia e incorporar un nuevo conjunto de actividades. En la tabla 4.11 se muestra la secuencia completa para 3º ESO, con indicación de los interrogantes centrales, las tres fases del proceso, el orden de las actividades presentadas así como su temporalidad.

FASES	SECUENCIA DE ACTIVIDADES	SESIÓN
INTERROGANTES CENTRALES		
¿ES NECESARIO CONSUMIR AGUA EMBOTELLADA? ¿ES MEJOR EL AGUA EMBOTELLADA QUE EL AGUA DEL GRIFO?		
Fase I: introducción	INTRODUCCIÓN El profesor, apoyándose en una presentación de diapositivas, muestra diferentes aspectos y situaciones asociadas al consumo de agua embotellada. Justificación del tema. Presentación de la secuencia: explicación de la organización y desarrollo de las actividades y objetivos didácticos. Planteamiento de las dos interrogantes clave: motivación para aprender	1ª Jueves 24/03/11
	TAREA 1: TUS IDEAS SOBRE EL AGUA EMBOTELLADA 1.1 Para captar el interés de los estudiantes se visiona un vídeo publicitario sobre una conocida marca de agua embotellada. Se reconoce y se analiza el mensaje publicitario “oculto”. 1.2 Cumplimentación de un cuestionario para conocer los hábitos de consumo de agua de bebida embotellada y para que los estudiantes pongan de manifiesto las razones por las que lo hacen. Exploración de las ideas y creencias asociadas con este consumo. 1.3 Puesta en común. A partir de las aportaciones del alumnado se confecciona un catálogo con las ideas y creencias más relevantes detectadas en relación con el consumo de agua de bebida embotellada. El alumnado seleccionará e identificará aquellas ideas y creencias que puedan ser investigables desde la ciencia (cuestiones científicas).	
	TAREA 2: ¿QUÉ ES EL AGUA EMBOTELLADA? 2.1 A partir de un anuncio publicitario en donde aparece la afirmación “ <i>agua verdaderamente pura</i> ” para referirse al agua embotellada el profesor introduce el término disolución. Comentario sobre esta afirmación. 2.2 Lectura de un texto para explicar qué es una disolución desde el punto de vista químico. 2.3 Observación de imágenes que muestran distintos tipos de mezclas. Distinción a simple vista entre mezclas homogéneas y heterogéneas. Caracterización de las disoluciones como mezclas homogéneas. 2.4 Cumplimentar una tabla a partir de la información contenida en un documento web sobre las diferencias más significativa entre mezclas homogéneas y heterogéneas. Distinción entre sustancia pura y mezcla homogénea. 2.5 A partir de los análisis químicos que aparecen en dos etiquetas de agua embotellada los estudiantes reflexionan sobre la pregunta ¿Es químicamente pura el agua embotellada? A continuación, lectura de un resumen sobre distintos aspectos químicos del agua embotellada (caracterización como sistema material). 2.6 Análisis del término “pura” a partir de la información contenida en dos etiquetas de agua embotellada. Distinción entre sus posibles usos en lenguaje químico y lenguaje cotidiano. Aclaración de ideas confusas. 2.7 Aplicación de lo aprendido al caso del agua del grifo: caracterización del “agua del grifo” como sistema material. [No se corrigió en clase] 2.8 Aplicación de lo aprendido: análisis de la expresión “agua pura” que aparece en un anuncio de agua purificada mediante filtro. [No se corrigió en clase]	
	TAREA 3: ¿DÓNDE ESTÁ LA SAL? 3.1 Lectura de un texto en el que se informa sobre la conservación de la identidad de las sustancias y la reversibilidad del proceso de disolución. 3.2 Experiencia práctica sobre métodos de separación de mezclas: filtración. Análisis del resultado al aplicar la filtración a los componentes de una disolución. 3.3 Análisis del resultado al aplicar la filtración a una mezcla heterogénea de agua y arena. Clarificación de ideas. 3.4 Interpretación gráfica de los resultados obtenidos a partir del tamaño relativo de las “partículas” de sal y arena y los poros del papel de filtro. 3.5 Interpretación de por qué la filtración no es una técnica adecuada para separar los componentes de una disolución. 3.6 Experiencia práctica sobre métodos de separación de mezclas: evaporación. Análisis de su utilidad como técnica para separar los componentes de una disolución.	
Fase II: desarrollo		2ª Viernes 25/03/11
Fase II: desarrollo		3ª Lunes 28/03/11

Tabla 4.11. Secuencia didáctica ensayada en 3º ESO.

FASES	SECUENCIA DE ACTIVIDADES	SESIÓN
Fase II: desarrollo	3.7 Lectura de un texto donde se presenta un modelo de interacción entre partículas para explicar el proceso de disolución. Visualización de animaciones sobre este proceso.	4ª Jueves 31/03/11
	3.8 Actividades de ampliación: extensión del concepto de disolución. [Para casa]	
	TAREA 4: CONOCIENDO MEJOR LAS DISOLUCIONES: LA CONCENTRACIÓN	
	4.1 Explicación sobre la magnitud concentración y los factores de los que depende	
	4.2 Calcular numéricamente la concentración de una disolución a través del cálculo proporcional	
	4.3 Aplicación de conocimientos: interpretación de los datos de concentración que aparece en una etiqueta de agua mineral natural. [No todos los apartados]	
Fase II: desarrollo	TAREA 5: ¿DE DÓNDE PROCEDE EL AGUA QUE BEBEMOS? (*)	5ª Viernes 01/04/11
	5.1 Lectura de un texto sobre la procedencia del agua del grifo y contestar a las cuestiones planteadas.	
	5.2 Consulta página web ANEABE para conocer los distintos tipos de aguas de bebida envasadas que se comercializan en España y su procedencia.	
	TAREA 6: LA COMPOSICIÓN DEL AGUA DE BEBIDA	
	6.1 Consulta de etiquetas para comparar la composición química de distintas marcas de agua de agua de bebida embotellada.	
	6.2 Consulta de análisis químicos oficiales del agua del grifo de varias poblaciones.	
	6.3 Completar una tabla para comparar los “los minerales” del agua del grifo y embotellada.	
Fase II: desarrollo	TAREA 7: ¿POR QUÉ BEBEMOS AGUA EMBOTELLADA?	6ª Lunes 04/04/11
	7.1 Lectura de un texto sobre la relación entre el consumo de agua de bebida embotellada y la dureza del agua del grifo.	
	7.2 A partir de la información suministrada en un texto los estudiantes deben contestar razonadamente si la afirmación “el agua embotellada no tiene cal” es correcta.	
	7.3 Lectura de un texto de la OMS sobre la importancia de la desinfección del agua de bebida y su contribución a la mejora de la salud pública.	
	7.4 A partir de la lectura de dos textos los estudiantes deben completar indicando razones para consumir y razones para no consumir agua de bebida embotellada.	
Fase III: síntesis	TAREA 8: SÍNTESIS Y RECAPITULACIÓN	7ª Miércoles 06/04/11
	8.1 El estudiante debe rellenar una tabla indicando ventajas e inconvenientes asociados al consumo de agua del grifo y agua embotellada.	
	8.2 Contestar por escrito a los dos interrogantes centrales de la unidad.	
	Cuestionario de valoración.	
Prueba escrita de evaluación.		Viernes 08/04/11

(*) La tarea 5 se tuvo que suprimir para cumplir con la temporalidad prevista.

Tabla 4.11. Secuencia didáctica ensayada en 3º ESO (continuación).

Entendemos que el conjunto de actividades que se presenta es suficientemente diversificado y atiende a las distintas finalidades del proceso de aprendizaje: actividades para explorar ideas previas, actividades de motivación, de comunicación de los objetivos, para introducir y desarrollar los nuevos contenidos, de aplicación, de síntesis y recapitulación, etc. La coherencia interna de la secuencia se apoya en el análisis de nuestro primer ensayo realizado con estudiantes de 4º ESO, aunque volvimos a someter la propuesta a la consideración de otros profesores e investigadores que actuaron en calidad de expertos, y que nos permitió ajustar y mejorar algunos aspectos.

Como puede observarse, en este segundo ensayo se presentan a los estudiantes las mismas situaciones de enseñanza sobre el contexto del agua de bebida que se utilizaron en la versión preliminar de la secuencia, pero como novedad, se integran con el contexto una serie de contenidos de química relacionados con el estudio de las disoluciones.

Dado que estos contenidos de ciencia se presentan “contextualizados” en torno a situaciones muy particulares, se decidió incluir a lo largo de la secuencia una serie de breves recapitulaciones o ideas clave para facilitar su seguimiento por parte de los estudiantes.

También debemos destacar que en el diseño de las actividades se ha procurado un especial énfasis en su aportación competencial, esto es, se ha cuidado que en las actividades de la secuencia se ponga de manifiesto, lo más claramente posible, su demanda competencial. Sobre este aspecto, debemos indicar que se realizan las primeras tentativas de catalogación competencial de las distintas actividades de la propuesta, de acuerdo a las directrices internas que se manejan en el proyecto de investigación COMPCIEN 10-16.

Desde nuestro punto de vista, entendemos, que en su conjunto, la secuencia podría contribuir al fomento de los siguientes aspectos de la competencia científica (Cañas, Martín-Díaz y Nieda, 2007, 2009):


- a) Comprender la información y saber resumirla.
- b) Comprender principios básicos y conceptos científicos.
- c) Aplicar los conocimientos de la ciencia a una situación determinada.
- d) Interpretar datos.
- e) Tratar problemas científicos con implicaciones sociales.
- f) Utilizar los conocimientos científicos para la toma de decisiones.
- g) Considerar distintas perspectivas sobre un tema.
- h) Evitar las generalizaciones improcedentes.
- i) Usar las tecnologías de la información para recabar información.

Para el desarrollo en el aula se utilizó un doble formato: en forma de cuaderno de trabajo en papel, más clásico y en formato digital más novedoso y con un cierto parecido a las “actividades webquest”, al objeto de integrar las herramientas TICs con la que cuentan la mayoría de los centros docentes.

La secuencia completa, que titulamos *El consumo de agua embotellada (Conociendo el agua que bebes)*, puede consultarse en el anexo IVB con el formato de cuaderno de trabajo, tal como fue presentada a los estudiantes. No obstante, mostramos a título ilustrativo un ejemplo de tarea en torno a la composición del agua embotellada (figura 4.8).

EL CONSUMO DE AGUA EMBOTELLADA (CONOCIENDO EL AGUA QUE BEBES)

TAREA 4: CONOCIENDO MEJOR LAS DISOLUCIONES: LA CONCENTRACIÓN



Indicador para dietas y preparación de alimentos reducidos. / Indicador para dietas y preparación de alimentos reducidos. / Recomendación de dieta y preparación de alimentos.

Consumo en agua mineral y otros. Prevenir de la sal. / Consumo en agua mineral y otros. Prevenir de la sal. / Consumo en agua mineral y otros. Prevenir de la sal.

Analisis / Analisis / Analisis Lab. Dr. Jose Roldán. / Analisis / Analisis / Analisis Lab. Dr. Jose Roldán. / Analisis / Analisis / Analisis Lab. Dr. Jose Roldán.

Calcio	20 mg/l
Magnesio	0.5 mg/l
Sodio	0.5 mg/l
Cloruro	0.5 mg/l
Fluoruro	0.5 mg/l
Acido	0.5 mg/l
Aluminio	0.5 mg/l
Plomo	0.5 mg/l
Mercurio	0.5 mg/l
Cadmio	0.5 mg/l
Cromo	0.5 mg/l
Cobalto	0.5 mg/l
Cuprum	0.5 mg/l
Ferum	0.5 mg/l
Germanio	0.5 mg/l
Hidrogeno	0.5 mg/l
Iodo	0.5 mg/l
Litio	0.5 mg/l
Nickel	0.5 mg/l
Oxigeno	0.5 mg/l
Plata	0.5 mg/l
Plomo	0.5 mg/l
Plutonio	0.5 mg/l
Radio	0.5 mg/l
Selenio	0.5 mg/l
Silicio	0.5 mg/l
Sodio	0.5 mg/l
Sulfuro	0.5 mg/l
Talio	0.5 mg/l
Telurio	0.5 mg/l
Tungstenio	0.5 mg/l
Vanadio	0.5 mg/l
Yodo	0.5 mg/l
Zinc	0.5 mg/l

En la etiqueta de al lado se muestran "los ingredientes" de una marca de agua embotellada. Como puedes observar en el análisis químico, conocer la composición química del agua embotellada implica conocer qué sustancias están presentes (esto es, los componentes) y en qué proporción aparecen.

Sin embargo, los químicos utilizan un lenguaje más específico y por eso, a la proporción o relación en que aparecen cada uno de los solutos en la disolución la llaman concentración. En el análisis químico de la

etiqueta puedes observar las cantidades relativas, es decir, la concentración de los principales componentes presentes en el agua.

Pero, ¿qué significa concentración? Pensemos de nuevo en nuestra disolución de agua y sal. Podemos utilizar el sabor salado como un indicador de la concentración de sal en la disolución: si el agua está más salada diremos que la disolución está más concentrada.


4.1. ¿Cómo expresamos la concentración de una disolución?

Lee el siguiente texto:

Pero ¿cómo medimos la concentración de una disolución? Fíjate en los siguientes vasos donde se ha disuelto una cantidad de sal -indicada en gramos (g)- en un determinado volumen de agua -indicado en centímetros cúbicos, cm³-.

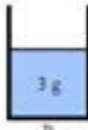
De la siguiente pareja, ¿qué vaso tendrá el agua más salada?

10 cm³



A

10 cm³



B


☐ El vaso A

☐ El vaso B

☐ Los dos iguales


De la siguiente pareja, ¿qué agua está más salada?

10 cm³



C

20 cm³



D

☐ El vaso C

☐ El vaso D

☐ Los dos iguales

Observa que la concentración (el sabor salado) no depende solo de la cantidad de sal que lleve la disolución, depende también de la cantidad de agua utilizada. Por tanto, de una forma más general podemos obtener la siguiente conclusión: **la concentración de una disolución depende de dos factores: de la cantidad de soluto añadido y del volumen de disolución preparada.**

Autor: Francisco Rodríguez y Ángel Blanco

Málaga, marzo de 2011

Figura 4.8. Ejemplo de tarea en la SEA (versión 3º ESO).

La nueva secuencia se llevo a la práctica a finales del mes de marzo y principios del mes de abril de 2011, con el grupo 3º ESO B del IES Luis Barahona de Soto de Archidona. En esta ocasión, el profesor que llevó la secuencia a la práctica, el autor de este trabajo de tesis, no era el profesor natural de la materia de Física y Química del grupo, por lo que fue necesario contar con la colaboración de la profesora titular, compañera de

trabajo del autor, y que mostró una excelente disposición al efecto. Como se observa en la tabla 4.11, el desarrollo en el aula se llevó a cabo en siete sesiones de clase de 60 minutos de duración aspecto que fue pactado con la profesora del grupo.

Todas las sesiones se desarrollaron en el aula de usos múltiples y contaron con el soporte de una pizarra digital interactiva (PDI), para presentar la secuencia en formato web, así como de ordenadores portátiles de la dotación TIC del centro –uno por estudiante–, para la consulta de la web, si bien algunos problemas técnicos limitaron el uso de estos equipos. Cinco de las sesiones se desarrollaron en las horas de clase de la materia de Física y Química, aunque para no alargar la puesta en práctica excesivamente se utilizaron también algunas horas de otras materias, a través de acuerdos con varios profesores y profesoras del grupo sensibles a este tipo de experiencias en el aula. A diferencia del ensayo en 4º ESO, donde las sesiones transcurrieron siempre a primera hora de la mañana, en esta ocasión las clases se impartieron en distintos tramos horarios.

El grupo 3º ESO B estaba integrado por 20 alumnos y alumnas (10 chicos y 10 chicas), con unos intereses y motivaciones hacia el estudio bien distintos al de los estudiantes de 4º ESO que ensayaron la primera versión de la propuesta didáctica. De hecho, el grupo mostraba cierta indiferencia por el estudio, y en particular, por las disciplinas científicas. En concreto, 16 estudiantes manifestaron sentir “muy poco, poco o algo” de interés por la materia de Física y Química; únicamente dos chicos y dos chicas declararon mostrarse “bastante interesados”, y en consecuencia, pretendían cursar un itinerario científico en 4º ESO. Además, el rendimiento académico medio del grupo era bastante bajo, excepción de unos pocos estudiantes, e incluso presentaba algunos problemas de comportamiento, aunque no excesivamente importantes.

Para recabar información útil sobre la práctica en el aula, junto con la observación sistemática y el diario del profesor (este último puede consultarse en anexo IIIB), instrumentos que ya fueron utilizados en el ensayo preliminar con 4º ESO, se cuenta esta vez con la participación de agentes externos que observaron el desarrollo de prácticamente la totalidad de las sesiones, con el objeto de aportar datos más objetivos e imparciales. Con esta finalidad, participaron tres miembros del grupo de investigación COMPCIEN 10-16, dos de ellos doctorandos del Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Málaga, quienes hicieron uso de parrillas con los aspectos que consideraron prioritarios de la observación, y que posteriormente fueron entregadas al docente para su análisis (consultar anexo VII).

Como tercer instrumento para la recogida de información se cuenta con las grabaciones en audio de 5 de las 7 sesiones de clase. Dada la naturaleza tentativa de este segundo ensayo no se consideró necesario la transcripción literal de estas grabaciones con las intervenciones del profesor y de los estudiantes, aunque sí se sometieron a varios ciclos de escucha para su análisis.

Además, se dispuso de los cuadernos de trabajo con las respuestas del alumnado participante, y de los cuestionarios de valoración (véase anexo VI) que fueron cumplimentados, de forma anónima, por estos estudiantes al concluir la puesta en práctica, donde

expresaron sus opiniones y puntos de vista acerca del contenido y desarrollo de la experiencia. Finalmente, la implementación en el aula concluyó con la aplicación de una prueba escrita de evaluación (anexo VA), que constituye otro importante instrumento para el análisis.

4.4.2.2. Consideraciones sobre el desarrollo de la experiencia y propuestas de mejora

No es objeto de este epígrafe presentar los resultados pormenorizados del seguimiento de la puesta en práctica y desarrollo de esta segunda versión de nuestra propuesta, ya que el núcleo central de esta tesis, como ya se ha mencionado, lo constituye el proceso de diseño, planificación y puesta en práctica de la versión final, y que conforman el estudio principal que presentaremos en los próximos capítulos. No obstante, sí indicaremos los resultados más destacados que se mostraron relevantes para el diseño y mejora de la puesta en práctica de esta versión final.

El punto de vista del profesor

En este apartado se presentan algunas observaciones sobre la puesta en práctica desde la perspectiva del docente como profesor investigador. En primer lugar, la necesidad de mantener la temporalidad de la secuencia en el margen pactado (un máximo de siete sesiones) con la profesora titular del grupo fue un motivo de “estrés” importante para el profesor investigador e influyó de manera clara en el desarrollo de la secuencia, pues se debieron tomar algunas decisiones para procurar que la puesta en práctica atendiera al número de sesiones disponibles.

La principal consecuencia de estas decisiones fue que la secuencia planificada no se pudo desarrollar en su totalidad. Tras los primeros días de su puesta en práctica quedó evidenciado que los contenidos de química requerían de un mayor tiempo para su tratamiento en el aula, por lo que para acortar la secuencia se decidió suprimir algunas actividades. Tras un análisis detallado se consideró “más prescindible” la tarea 5 (*¿De dónde procede el agua que bebemos?*) por lo que el docente decidió no desarrollarla en el aula. En parte, esta decisión también se apoya en lo observado durante el desarrollo de la puesta en práctica llevada a cabo por el alumnado de 4º ESO, donde las actividades relacionadas con esta temática parecieron despertar menos interés en los estudiantes. De la misma manera, no se pudieron corregir algunas de las actividades en el aula, lo que nos privó de información de interés sobre su desarrollo.

Otro aspecto a destacar es que no se observaron incidentes dignos de mención en el aula. Los estudiantes, salvo momentos puntuales en los que se mostró relevante “el factor hora”, mantuvieron un comportamiento adecuado que permitió el correcto desarrollo de la secuencia.

El modelo de planificación utilizado se ha mostrado, de nuevo, útil y adecuado en este segundo ensayo. La secuencia se desarrolló en el aula conforme al diseño previsto, excepción de aquellas actividades que no pudieron llevarse a la práctica como consecuencia de los ajustes en la temporalización, conforme acabamos de indicar. De la misma manera, durante la puesta en práctica el profesor no evidenció la necesidad de cambios o modificaciones de interés derivados de un diseño inadecuado de la secuencia, ni fue necesaria la inclusión de actividades adicionales para completar el desarrollo de los contenidos de la misma.

La mayoría de las actividades fue correctamente interpretada por los estudiantes, de acuerdo con el seguimiento realizado, aunque ciertas actividades no se entendieron suficientemente, mientras que otras resultaron innecesarias para el correcto avance de la SEA, aspectos que fueron revisados para la mejora de la próxima versión. Así, por ejemplo, los estudiantes no captaron el sentido de la actividad 3.4 (sobre el proceso de filtración), mientras que la actividad 2.8 (separación de una mezcla heterogénea de agua y arena) se mostró redundante y superflua, por lo que debe considerarse su eliminación, de acuerdo a las anotaciones del docente en el diario de clase (véase anexo IIIB).

Si la primera versión de la SEA nos sirvió para tomar decisiones sobre los aspectos del contexto del agua embotellada que debían formar parte de nuestra propuesta didáctica, esta segunda versión nos ha permitido ensayar una posible forma de integrar dicho contexto con el conocimiento químico, aunque se muestra necesario realizar algunos ajustes al respecto. En particular, del análisis se desprende que buena parte del grupo encontró cierta dificultad en caracterizar correctamente el agua del grifo y el agua embotellada como sistemas materiales homogéneos, lo que nos debe llevar a reflexionar sobre la presentación de esta “parte química” a los estudiantes.

Asimismo, hemos constatado la necesidad de un mayor desarrollo de los aspectos relacionados con la noción y caracterización de las disoluciones como sistemas materiales, y en este sentido, debemos ayudar al estudiante a “construir” mejor el concepto de disolución ampliando y fundamentando convenientemente los contenidos químicos necesarios, requiriéndose de un trabajo más explícito en el aula. Sobre este particular, el profesor tuvo la percepción de que los estudiantes mostraron más interés por las actividades relacionadas con el contexto que las relacionadas con los aspectos químicos, que resultaron “más difíciles”, conforme se desprende del análisis del diario de clase.

Finalmente, el enfoque competencial de las actividades pareció revestir mayor dificultad para los estudiantes, lo que revela la necesidad de facilitar situaciones que les permitan el fomento y desarrollo de competencias científicas en el aula.

El punto de vista de los estudiantes

Presentaremos en este epígrafe algunos resultados del análisis del cuestionario de valoración (véase anexo VI de esta memoria), que cumplimentaron los estudiantes en la última sesión de la puesta en práctica. Asimismo, indicamos que este mismo cuestiona-

rio será utilizado en el estudio principal, por lo que su estructura y contenido se describirán en detalle en el epígrafe 7.2 (capítulo VII).

En relación a la forma de trabajo en el aula los resultados se encuentran en la figura 4.9.

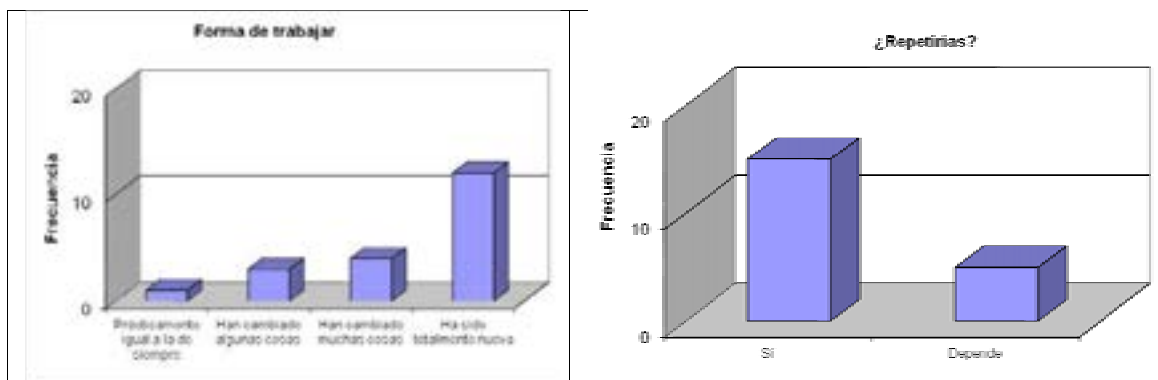


Figura 4.9. Valoración de la forma de trabajar en el aula por parte de los estudiantes de 3º ESO.

Como se observa 16 estudiantes (80 %) estimaron que el desarrollo de la SEA en el aula había conllevado importantes cambios respecto a la rutina diaria, mientras que 15 de los participantes (75 %) repetirían esta misma forma de trabajo en el aula: *las clases han mejorado, han sido más divertidas, es muchísimo mejor, es una nueva forma de aprender*, son algunos comentarios de los participantes.

Los resultados sobre la percepción de aprendizaje se muestran en la tabla 4.10.

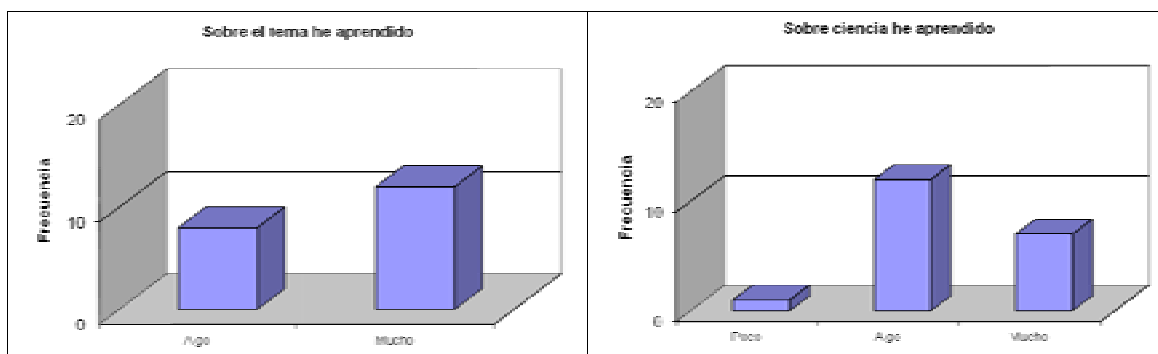


Figura 4.10. Percepción de aprendizaje sobre el contexto y sobre ciencia de los estudiantes de 3º ESO.

En esta ocasión el resultado es bastante desigual según el tipo de contenido implicado. Mientras que 12 estudiantes (60 %) manifestaron haber aprendido *Mucho* sobre el tema del agua de bebida, el porcentaje desciende hasta un 35 % (7 estudiantes) cuando se refiere al aprendizaje de ciencia. Entendemos, que la presentación de los contenidos científicos en torno a situaciones cotidianas, enfoque de enseñanza al que los estudiantes no estaban habituados, pudo ser, en parte, la causa de estos resultados.

Finalmente, en la figura 4.11 se presenta la valoración de los estudiantes respecto al interés de la temática elegida y a la percepción del grado de implicación durante el desarrollo de la secuencia.

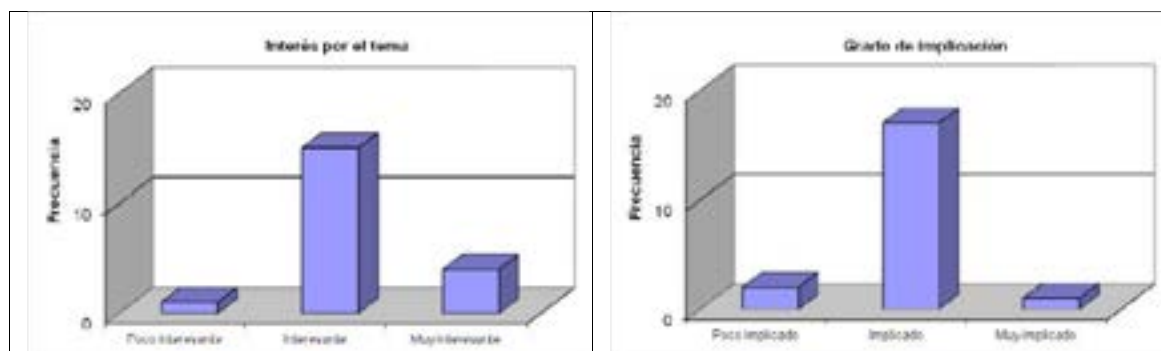


Figura 4.11. Interés por el tema y grado de implicación de los estudiantes de los estudiantes de 3º ESO.

De acuerdo con los estudiantes debemos concluir que las distintas situaciones del tema propuesto fueron encontradas de interés por 19 de los 20 participantes (95 %), mientras que el 90 % (18 estudiantes) manifestó haberse sentido *Implicado* o *Muy implicado* en el desarrollo de la secuencia didáctica. En términos generales, los estudiantes valoraron adecuadamente aspectos claves de la propuesta, como son el enfoque de enseñanza utilizado o la utilización en clase de diferentes situaciones asociadas con el consumo de agua de bebida embotellada, resultado que debemos considerar muy positivo.

Se presentan seguidamente algunas reflexiones y propuestas de mejora en relación al diseño de la futura versión final de la secuencia didáctica:

- Se debe avanzar en el modelo de planificación de la secuencia incorporando los últimos avances planteados en el proyecto de investigación COMPCIEN 10-16 (España, Blanco y Rueda, 2012), en el que se inserta este trabajo de tesis. A este respecto, se propone renombrar las distintas fases de la secuencia para mostrar la intencionalidad educativa que se pretende con cada una de ellas, formular de manera explícita “el problema” del contexto que será objeto de atención por parte de los estudiantes o contemplar el diseño conforme al proceso sistemático de planificación de seis etapas que se viene desarrollando en el proyecto antes citado, y que presentaremos en el próximo capítulo.
- Se mantienen los dos interrogantes centrales, en torno a los cuales girará la SEA: *¿Es necesario consumo agua embotellada?*, *¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?*, así como los seis objetivos didácticos planteados.
- Para el tratamiento en el aula de los dos interrogantes clave, y de acuerdo al progreso en el diseño que hemos comentado más arriba, estos se presentarán articulados en una serie de interrogantes más concretos (interrogantes organizadores) para contribuir a la mejora en la estructura de la secuencia de actividades.

- Presentar a los estudiantes los contenidos y actividades agrupados en forma de tareas de enseñanza-aprendizaje se muestra adecuado para el desarrollo de la secuencia en el aula y se mantendrá para futuras versiones, aunque este proceso no forme parte explícita del modelo de planificación. Por tal motivo, se muestra necesario integrar estas tareas con los distintos interrogantes organizadores que se contemplen.
- Entendemos que los contenidos de la SEA pueden agruparse en tres apartados de acuerdo a su función dentro de la secuencia: a) los relacionados con la parte química; b) los que atienden a la comparación de distintos aspectos entre el agua del grifo y el agua de bebida embotellada; y c) los que atienden al análisis de las distintas razones para el consumo de agua embotellada.
- Al objeto de tener una clara visión de conjunto de los contenidos de la SEA, que nos ayude a su secuenciación, creemos necesario explicitar estos contenidos a nivel de conocimientos, habilidades y destrezas.
- Se conviene en utilizar PISA en ciencias (OCDE, 2006a, 2009, 2012) como esquema de referencia sobre cómo entender y clasificar las distintas competencias científicas. Es por ello, que se muestra necesario realizar el análisis y distribución competencial de cada una de las actividades de la secuencia de acuerdo a la propuesta que realiza este programa de evaluación internacional.
- Se incorpora al diseño de la SEA el tratamiento de las ideas previas y los problemas de aprendizaje relacionados con los contenidos que se abordan, en particular, sobre el aprendizaje de las disoluciones.
- Un aspecto de interés, y que no había sido incluido en la anterior versión de la secuencia, se relaciona con la vigilancia sanitaria del agua del grifo, según hemos puesto de manifiesto en nuestros estudios anteriores (véase epígrafe 4.3). Consideramos necesario que nuestra propuesta aborde también la creencia (infundada) por la que un significativo número de estudiantes consideran que el agua de la red pública “no es segura” frente al agua de consumo embotellada, lo que requerirá la inclusión de algunas actividades sobre este tema.

Tras estos avances que completan de forma importante el diseño de la secuencia, indicamos otra serie de propuestas de mejora que afectan, particularmente, al contenido y programa de actividades de la secuencia didáctica.

- Debemos mejorar las situaciones de enseñanza relacionadas con las disoluciones como observables materiales, ampliando y fundamentando convenientemente los contenidos químicos necesarios, en particular, la caracterización de los distintos tipos de mezclas, así como mejorar la comprensión de los términos puro/pura o concentración contrastando sus distintos significados desde los ámbitos de la ciencia y de la vida diaria.

- Consideramos necesario incluir el concepto de modelo y su utilidad como herramienta para explicar el proceso de disolución a nivel submicroscópico, así como sus diferentes significados y usos en la vida diaria respecto al ámbito científico.
- Se debe mejorar el contenido de las visualizaciones que acompañan a la explicación del proceso de disolución ya que pueden inducir a error, aspecto que fue puesto de manifiesto por dos de los profesores expertos que analizaron la secuencia de actividades.
- Apostamos por presentar todas las actividades sobre métodos de separación (filtración y evaporación) siguiendo una estrategia de enseñanza de tipo POE, acrónimo de predicción, observación y explicación (Gunstone y White, 1981; Palmer, 1995; White y Gunstone, 1992).
- Las actividades en las que se compara la composición de distintos tipos de agua (del grifo y embotellada) volvieron a funcionar bien, y se mantendrán sin cambios para la versión final, aunque debemos incluir algunas actividades sobre “la seguridad” del agua de bebida (del grifo o embotellada), tal como se ha indicado más arriba.
- Entendemos que la actividad sobre el “vídeo publicitario” (actividad 1.1) debe quedar integrada en la tarea sobre el análisis de las posibles razones para el consumo de agua, por ser de interés valorar la influencia de los aspectos publicitarios sobre dicho consumo.
- Dada la importancia que el alumnado parece conceder a la presencia de “cal” en el agua, parece oportuno completar el cuestionario de ideas previas incorporando algún ítem sobre este aspecto.
- Creemos que se podría mejorar el desarrollo de las actividades de la tarea 7, *¿Por qué bebemos agua embotellada?*, planteándolas en formato de sencillos “proyectos de investigación” a realizar por los estudiantes en pequeño grupo.
- Se debe mejorar el diseño reformulando o suprimiendo de la secuencia aquellas actividades que no han funcionado de acuerdo a lo previsto, o bien se han mostrado innecesarias de acuerdo a los análisis efectuados por el director de tesis y por el propio docente, autor de esta investigación.
- Para el seguimiento de la puesta en práctica se mantendrá la “versión literaria”, abierta, del diario del profesor procurándose, asimismo, la grabación en video del desarrollo de las sesiones

Finalizaremos este apartado indicando algunas observaciones que afectan a la temporalización para la puesta en práctica en el aula de la versión final de la SEA. Así, la ampliación o inclusión de nuevos contenidos, de acuerdo a las propuestas de mejora antes consideradas, conlleva, necesariamente, eliminar algunas actividades de la secuencia

con el objeto de no dilatar excesivamente su desarrollo en el aula (recordemos que la materia de Física y Química de 3^{er} curso de ESO cuenta con una carga lectiva de dos horas semanales).

En consecuencia, se propone suprimir definitivamente la tarea 5, *¿De dónde procede el agua que bebemos?*, por lo que la versión final constará de siete tareas frente a las ocho actuales. De acuerdo a nuestra experiencia acumulada en estos ensayos preliminares, estimamos necesarias entre 10 y 11 sesiones de clase para un adecuado desarrollo de la versión definitiva de la secuencia didáctica en torno al consumo de agua de bebida embotellada.

4.5. ESTUDIOS PRELIMINARES: SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

El agua es un nutriente esencial que debemos ingerir en la alimentación cotidiana. En estos estudios previos hemos partido de la hipótesis de que algunas situaciones y aspectos relacionados con el consumo de agua de bebida embotellada, pueden entenderse como controversias socio-científicas de importancia, adecuadas para su tratamiento didáctico en el aula desde un enfoque basado en el desarrollo de competencias básicas.

Los ciudadanos requieren de conocimientos y habilidades adecuados, en particular de ciencia y sobre ciencia, para comprender y manejar este tipo de problemas que se presentan en la vida diaria, de ahí la conveniencia de promover su tratamiento desde el ámbito escolar (Díaz y Jiménez-Liso, 2012).

Desde esta perspectiva, nuestra propuesta didáctica debía, al menos: (1) suministrar a los estudiantes información sobre aspectos relevantes del contexto del agua de bebida (del grifo y embotellada), esto es posibilitar aprender sobre el contexto; (2) integrar los conocimientos (de ciencia y sobre ciencia) necesarios para comprender adecuadamente estos aspectos (aprender con el contexto); (3) atender, en la medida de lo posible, algunas ideas y creencias significativas sobre el consumo de agua de bebida, al objeto de contrastarlas con el conocimiento químico; (4) integrar todos estos elementos con un modelo de planificación de SEAs que incluyera, además, el desarrollo de competencias científicas desde un enfoque de enseñanza basada en contextos cotidianos.

Para recabar información sobre “la problemática del agua embotellada” se administraron distintos cuestionarios a 261 estudiantes de diferentes perfiles y niveles educativos a lo largo de tres cursos académicos (2007/2008 al 2009/2010), lo que nos llevó a encontrar un extenso catálogo de opiniones, ideas y creencias asociadas con el consumo de este tipo de agua.

Entre las ideas y creencias más relevantes, encontradas en todas las muestras de estudiantes, se encuentran algunas relacionadas con la composición y seguridad del agua que bebemos: el agua embotellada es más sana, saludable y segura que el agua del grifo; “es malo” consumir agua del grifo por la cal, porque no está limpia, no está controlada, contiene bacterias, etc.

En definitiva, esta etapa de los estudios preliminares puso de manifiesto una percepción negativa del agua de consumo público en muchos de los participantes frente al agua embotellada, que pasa a convertirse en una alternativa de superior calidad (véase epígrafe 4.2), aspectos sin fundamento científico de acuerdo con distintos informes técnicos existentes. Entendemos que la propuesta didáctica debe contribuir a superar este punto de “desprestigio” que los estudiantes asocian con el agua de abastecimiento público, así como al tratamiento –confrontación científica– de estas falsas creencias.

Dada la amplitud del contexto del agua de bebida, centramos nuestra propuesta educativa en torno a la disyuntiva: ¿qué tipo de agua consumir, del grifo o embotellada? Para ello, en una nueva etapa de los estudios preliminares, se seleccionó un conjunto determinado de elementos de esta problemática para su utilización como situaciones de enseñanza (véase epígrafe 4.3), con el propósito de que los alumnos y alumnas avanzaran tanto en el conocimiento de este contexto, como en trabajar las distintas opiniones, ideas y creencias detectadas.

En la etapa final de estos estudios preliminares, y siguiendo el enfoque y directrices del proyecto COMPCIEN 10-16, que sustenta parte de esta investigación, se procede a planificar y dar forma a las primeras versiones didácticas de nuestra propuesta. En estos primeros intentos se avanza en la integración de los conocimientos básicos sobre química con las situaciones de enseñanza en torno al agua de bebida, a la vez que se presta especial énfasis en la demanda competencial de las actividades de la secuencia (véase epígrafe 4.4). De acuerdo con los resultados obtenidos en el desarrollo en el aula de estas versiones preliminares, debemos considerar que los estudiantes valoraron adecuadamente el enfoque contextualizado de la secuencia, esto es, el tratamiento de problemas reales de su entorno para la enseñanza y aprendizaje de la química, que consideraron de utilidad para entender mejor “las cosas del agua”. De la misma manera, la temática presentada fue considerada de interés por buena parte de los estudiantes.

En paralelo con el proceso indicado, la implementación en el aula durante dos cursos académicos (2009/2010 y 2010/2011) ha permitido al autor experimentar el rol de profesor-investigador desde la acción en el aula, lo que le ha proporcionado un importante conjunto de experiencias para su práctica diaria.

De acuerdo a las valoraciones del profesor, la versión ensayada con alumnado de 3º ESO ofrece oportunidades para la aplicación de conocimiento, a la vez que permite aprender sobre la temática elegida, por lo que apostamos por mantener para la versión final de nuestra propuesta, las mismas situaciones de enseñanza basadas en el consumo de agua de bebida embotellada. De la misma manera, creemos que nuestra propuesta didáctica posibilita la construcción de conocimiento químico relevante, aunque se muestra necesario realizar algunos cambios y adaptaciones (véase epígrafe 4.4). De hecho, el diseño de la versión definitiva debe contar con la ciencia escolar como elemento importante, en nuestro caso y de forma principal, se muestra relevante el estudio de las disoluciones.

Con ello pretendemos que el estudiante comprenda la importancia del conocimiento de la ciencia, y en particular de la química, para explicar y entender muchas de las situaciones que se presentan en el mundo que nos rodea, y en concreto, para fundamentar algunas opiniones y creencias en torno al consumo de agua de bebida. De la misma manera, el conocimiento sobre la ciencia también debe formar parte de nuestra propuesta, por ejemplo, con la inclusión de algunos aspectos básicos sobre el uso de modelos para la interpretación del proceso de disolución.

Tal como se ha observado el conocimiento de ciencia no implica que el estudiante lo utilice de forma correcta, situación que se hace más evidente en el énfasis competencial que se ha pretendido en el diseño de la secuencia. Así, la versión final debe ofrecer oportunidades para la práctica explícita de este tipo de competencias, diseñando y reelaborando las actividades con este fin.

Tras el análisis de las dos versiones preliminares, indicamos en la tabla 4.12, los principales aspectos que debe contemplar el diseño de la versión final de nuestra propuesta didáctica.

AVANCES EN EL DISEÑO DE LA SEA (VERSIÓN FINAL)	
Objetivos de aprendizaje y criterios de evaluación	
<ul style="list-style-type: none"> Se mantienen respecto al ensayo preliminar en 3^{er} curso de ESO. 	
Organización y estructura de la SEA	
<ul style="list-style-type: none"> La SEA se presentará dividida en cinco fases, en vez de tres, para adaptarla al modelo de planificación que maneja en el proyecto COMPCIEN 10-16, que se mantendrán en paralelo con las distintas etapas que se contemplan para la resolución de un problema. Se renombrará cada una de estas fases de forma que quede explicitada su intencionalidad educativa. De acuerdo al enfoque de enseñanza en contexto, la SEA girará en torno a un problema de carácter socio-científico como es el consumo de agua de bebida embotellada, que plantearemos en término de ¿por qué bebemos agua embotellada? Como eje para vertebrar la SEA se utilizarán dos interrogantes centrales: ¿es necesario consumir agua embotellada?, ¿es mejor el agua embotellada que el agua del grifo? Para el tratamiento didáctico del problema, esto es, las posibles situaciones de enseñanza a considerar, los contenidos de la SEA se agruparán en tres bloques: caracterización química del agua de bebida; diferencias entre el agua embotellada y el agua del grifo y análisis de las razones y motivos para consumir agua de bebida embotellada. Para elaborar la secuencia de actividades los interrogantes clave se articularán en otros más concretos (interrogantes organizadores). Por ejemplo: ¿por qué es importante plantearse el consumo de agua de bebida embotellada?, ¿qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?, etc. Las actividades de la secuencia se presentarán agrupadas en tareas, cada una de las cuales abordará uno o varios interrogantes organizadores. El diseño de cada actividad debe incluir su aportación competencial tomando como referencia la propuesta del programa PISA en ciencias (OCDE, 2006a) acerca de cómo entender y caracterizar la competencia científica. Completar el cuestionario inicial de ideas previas del alumnado con ítems que hagan referencia a la presencia de “cal” en el agua del grifo. 	

Tabla 4.11. Aspectos a contemplar para el diseño de la versión final de la SEA.

AVANCES EN EL DISEÑO DE LA SEA (VERSIÓN FINAL)
Contenido de la SEA
Sobre conocimiento químico y conocimiento acerca de la ciencia:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contemplar posibles usos y significados sobre los términos puro/pura en la vida cotidiana y en el ámbito de la química. ▪ Ampliar el tratamiento sobre tipología y caracterización de mezclas y mejorar la presentación sobre la noción y atributos básicos de las disoluciones. ▪ Trabajar de forma explícita la caracterización química del agua del grifo y embotellada como sistemas materiales. ▪ Presentar las actividades prácticas sobre métodos de separación como actividades de tipo POE. ▪ Extender el concepto de disolución a otros estados físicos y su reconocimiento en materiales de la vida diaria. ▪ Ampliar el número de ideas-clave que se manejan en la secuencia. ▪ Introducir la noción de modelo científico y sus posibles significados en el ámbito de la ciencia y cotidiano. ▪ Mejorar la explicación sobre la estructura microscópica de las sustancias que participan en el proceso de disolución. ▪ Ampliar el tratamiento de la magnitud concentración en masa como expresión cuantitativa de la composición de una disolución.
Sobre las diferencias entre el agua del grifo y el agua embotellada:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eliminar la tarea 5 (<i>¿De dónde procede el agua que bebemos?</i>) manteniendo el resto de tareas. ▪ Mantener las actividades sobre la composición del agua de bebida, aunque debe mejorarse su presentación al estudiante. ▪ Añadir actividades para informar sobre la vigilancia sanitaria a la que se somete el agua de bebida (del grifo y embotellada).
Sobre el análisis de las razones para consumir agua embotellada:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incluir el análisis del contenido publicitario de anuncios de marcas de agua de bebida embotellada. ▪ Se mantienen las actividades sobre “el sabor, dureza y salud”, pero se plantean como pequeños proyectos de investigación.

Tabla 4.11. Aspectos a contemplar para el diseño de la versión final de la SEA (continuación).



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE LA

DE LA SECUENCIA

DIDÁCTICA.

VERSIÓN FINAL

- 5.1. Fundamentos del diseño.**
- 5.2. Elaboración de la secuencia didáctica *¿Es necesario consumir agua embotellada?***



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

El núcleo de esta memoria de tesis lo constituye el estudio principal (capítulos V, VI y VII) en el cual se aborda la planificación y diseño, el desarrollo y seguimiento, así como la evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) para el tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), contextualizada en torno al “consumo de agua embotellada” con el objeto de trabajar en el aula desde un enfoque basado en el desarrollo de competencias científicas.

A través de nuestros estudios preliminares (capítulo IV) hemos justificado el potencial educativo del “consumo de agua de bebida envasada” como contexto de enseñanza-aprendizaje, así como las posibilidades que ofrecen distintas problemáticas y situaciones de este contexto para el desarrollo de propuestas didácticas desde una perspectiva competencial.

Entre las posibles dimensiones de este contexto nos hemos centrado, en particular, en la disyuntiva entre consumir agua de la red de abastecimiento público (agua del grifo) o agua de bebida embotellada, por ser un aspecto que presenta cierta controversia para el ciudadano (Ferrier, 2001). De hecho, como parte de estos estudios previos, se procedió a la evaluación del diseño y análisis del desarrollo de la puesta en práctica de unas primeras versiones de nuestra propuesta didáctica, presentadas en forma de secuencia de actividades (Leach y Scott, 2002; Meheut, 2004), para su posible tratamiento en el aula.

En paralelo al desarrollo de los estudios preliminares en el proyecto de investigación COMPCIEN 10-16 (Blanco, España y González, 2010), en el que se enmarca este trabajo de tesis, se ha venido produciendo un importante avance en las líneas de trabajo planteadas. Entre estas se encuentra el análisis y fundamentación de un enfoque para la planificación de secuencias didácticas (Blanco, Franco y España, 2015) que integre el desarrollo de competencias científicas en la educación obligatoria con el tratamiento de problemáticas reales de la vida diaria del alumnado (Franco, Blanco y España, 2014).

La integración de los avances producidos en el marco de este proyecto de investigación, junto con los resultados obtenidos en la implementación de las primeras versiones de la SEA y los varios ciclos iterativos de análisis efectuados (véase figura 3.4), nos ha permitido avanzar hacia el diseño y elaboración de la versión final de la secuencia didáctica en torno al consumo de agua de bebida embotellada.

El capítulo que ahora presentamos muestra el proceso seguido para estructurar, planificar y elaborar la versión final de nuestra propuesta didáctica, así como su descripción y características definitorias. A tal fin, el capítulo queda organizado en dos apartados. En el primero se presentan los elementos básicos que fundamentan el diseño de la secuencia; en el segundo apartado se integran todos estos aspectos y se ejemplifica y ensaya el enfoque de planificación planteado en la elaboración de la secuencia didáctica *¿Es necesario consumir agua de bebida embotellada?* para 3^{er} curso de ESO.

Igualmente, en este capítulo trataremos de abordar la segunda de las preguntas de investigación formuladas en el presente trabajo de tesis (véase capítulo III): ***¿Cómo integrar en una secuencia didáctica el tratamiento de aspectos concretos del consumo de agua de bebida, el desarrollo de competencias científicas por parte de los alumnos y la construcción de conocimiento científico acerca de las disoluciones? (Pregunta B).***

5.1. FUNDAMENTOS DEL DISEÑO

El diseño y elaboración de una secuencia de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias básicas a partir del tratamiento de problemas relevantes de la vida diaria, constituyen procesos complejos pues deben integrar, articular y dar coherencia a una compleja red de elementos.

A partir del análisis del contexto mostrado en el capítulo anterior, para estructurar la versión final de la secuencia se han tenido en cuenta los siguientes hitos en el proceso de diseño:

- a) Un esquema de referencia sobre cómo entender y enseñar competencias científicas.
- b) Un enfoque de enseñanza de las ciencias que favorezca el desarrollo de competencias científicas por parte de los estudiantes.
- c) Las conclusiones e implicaciones didácticas que se derivan de los estudios preliminares.
- d) Las dificultades de aprendizaje relacionadas con los contenidos que se abordan en la secuencia didáctica.
- e) Un enfoque para la planificación de SEA orientado hacia el desarrollo de competencias básicas.

En los apartados siguientes desarrollaremos estos elementos con mayor profundidad.

5.1.1. Un esquema de referencia para la enseñanza de las competencias científicas

El desarrollo de competencias científicas se convierte en un elemento clave en el proceso de diseño de nuestra propuesta didáctica. En consecuencia, como primer hito importante para el diseño de la versión final de la SEA, debemos considerar la necesidad de partir de un enfoque lo más definido posible acerca de cómo delimitar las competencias científicas, esto es, resulta imprescindible comenzar con la identificación y caracterización de las distintas competencias científicas y definir con claridad qué pretendemos enseñar y evaluar.

Como hemos indicado en el marco teórico de esta investigación (capítulo II) existen distintas formulaciones sobre cómo entender y caracterizar las competencias científicas que requiere un ciudadano para considerarse alfabetizado en ciencias: con referencia a los currículos oficiales, al marco de las evaluaciones diagnósticas nacionales y autonómicas, en relación a los programas internacionales de evaluación, como PISA, o más recientemente para España, la aportación de autores como Pedrinaci y Cañal (Franco, Blanco y España, 2014). Para los fines de esta investigación, y por las distintas razones que seguidamente indicaremos, se adopta como referente el marco que propone PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a), sobre cómo definir las diferentes competencias científicas y qué dimensiones o elementos son necesarios para su adquisición y desempeño.

Este enfoque sobre cómo deben entenderse las competencias científicas resulta, desde nuestro punto de vista, sencillo y funcional al mostrar una formulación bastante precisa y, por ello, más fácil de utilizar para un profesorado, que en general, se está iniciando en el uso de las competencias como referente para la práctica educativa y para la evaluación. Recordemos que PISA 2006 contempla únicamente tres tipos de competencias científicas: identificación de cuestiones científicas (I), explicación científica de fenómenos (E) y utilización de pruebas (U). En la tabla 5.1 se muestran las capacidades científicas más relevantes que se asocian con cada una de las competencias mencionadas.

COMPETENCIAS CIENTÍFICAS EN PISA	
Identificar cuestiones científicas (I).	
<ul style="list-style-type: none"> • I1. Reconocer cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente. • I2. Identificar términos clave para la búsqueda de información científica. • I3. Reconocer los rasgos clave de la investigación científica. 	
Explicar fenómenos científicos (E).	
<ul style="list-style-type: none"> • E1. Aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada. • E2. Describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios. • E3. Identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas. 	
Utilizar pruebas científicas (U).	
<ul style="list-style-type: none"> • U1. Interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones. • U2. Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones. • U3. Reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos. 	

Tabla 5.1. Capacidades y competencias científicas según PISA en ciencias (OCDE, 2006a).

A pesar de haber elegido la propuesta de PISA como referente concreto para la formulación de las competencias científicas, debemos recordar que este programa internacional utiliza un modelo estandarizado enfocado a la evaluación externa de estudiantes, y no como propuesta curricular, por lo que su utilización como referente para la enseñanza requiere de adaptaciones y matizaciones.

Por tanto, si asumimos las orientaciones de este programa acerca de cómo deben entenderse y abordarse las competencias científicas, ¿qué modelo didáctico o de enseñanza se muestra apropiado para su desarrollo en el aula? ¿De qué acciones, técnicas, medios disponen los docentes para orientar la enseñanza hacia el desarrollo de competencias científicas? Se trata de un aspecto de suma importancia, pues no existe actualmente una interpretación extendida o unánime sobre cómo plantear en el aula el desarrollo de competencias básicas (Banet, 2010a)

Desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales se han planteado pocas propuestas sobre cómo utilizar las pruebas de evaluación de PISA para la enseñanza de las ciencias (Couso, 2009). En el proyecto de investigación COMPCIEN 10-16, donde se inserta esta tesis, se ha planteado un posible modo de articular el desarrollo curricular de la competencia científica a partir del referente propuesto por PISA en ciencias, tratando de aunar las recomendaciones curriculares y las orientaciones de este enfoque para el diseño de propuestas educativas que promuevan el desarrollo de competencias científicas. En la figura 5.1 se esquematiza cómo se ha realizado esta adaptación para abordar la enseñanza de las ciencias, en la que los problemas relevantes presentes en la vida diaria de los estudiantes cobran un especial protagonismo (Blanco, España y Franco, 2015).



Figura 5.1. Esquema de referencia para una enseñanza de las ciencias centrada en el desarrollo de la competencia científica basado en PISA 2006 (tomado de Franco, España y Blanco, 2015).

Desde esta propuesta el desarrollo de las tres competencias científicas, en el sentido que define PISA 2006, se constituye en la finalidad central de la enseñanza de las ciencias, si bien el currículo escolar puede destacar otras competencias que complementen las contempladas por PISA. En cualquier caso, el desarrollo de estas competencias no puede hacerse aisladamente, sino que requiere el uso integrado de conocimientos y ciertas actitudes y valores: *«La capacidad de un alumno para poner en práctica sus competencias científicas conlleva necesariamente el conocimiento de la ciencia, así como la comprensión de los rasgos propios de la ciencia, entendida como un método para adquirir conocimientos (esto es, el conocimiento acerca de la ciencia)... la disposición a ejercitar estas competencias concretas depende de las actitudes del individuo hacia las ciencias y de su disposición a implicarse en cuestiones relacionadas con las ciencias»* (OCDE, 2006b; p. 25–26).

Este esquema se centra únicamente en los aspectos recogidos en el modelo que propone el programa PISA en ciencias. Para su contextualización al sistema educativo español se muestra necesario relacionar cada uno de sus componentes (competencias, conocimientos y actitudes y valores) con el currículo oficial. Cañas, Martín-Díaz y Niedo (2007) compararon ambos modelos concluyendo que el currículum en ciencias español que se deriva de la Ley Orgánica de Educación (LOE) recoge las tres competencias de PISA pero en grados muy diferentes. Mientras que la explicación de fenómenos científicamente está muy enfatizada, la utilización de pruebas no tiene un tratamiento muy adecuado, y los aspectos relacionados con la identificación de cuestiones científicas están prácticamente ausentes.

El conjunto de conocimientos de ciencias planteados por PISA puede considerarse bien recogidos en el currículo español de ciencias, con la salvedad de los aspectos relativos a los sistemas tecnológicos que se incluyen en el área curricular específica de Tecnología. El problema que se plantea en el currículum español es el gran número de conocimientos que recoge y la falta de evidencias de que todos sean realmente útiles para el desarrollo de competencias (Pro y Rodríguez, 2010). Los conocimientos sobre la ciencia, a pesar de la importancia concedida en PISA y en la didáctica de las ciencias, siguen siendo una asignatura pendiente (Cañas, Martín-Díaz y Niedo, 2007). En el ámbito de las actitudes y valores, además de los recogidos en PISA deberían incluirse los relacionados con la salud, a los que el currículum español concede mucha importancia.

5.1.2. Un enfoque de enseñanza de las ciencias para el desarrollo de competencias científicas

En el epígrafe anterior hemos manifestado la necesidad de partir de una formulación concreta sobre cómo entender las distintas competencias científicas si lo que pretendemos es el diseño de materiales que propicien su desarrollo en el aula. Ahora bien, identificado el objeto de enseñanza, esto es el tratamiento de competencias y el conjunto de competencias objeto de desarrollo, debemos elegir ahora “el camino” que nos conduzca

a este fin, es decir, el enfoque capaz de concretar estos planteamientos en una enseñanza de las ciencias centrada en el aprendizaje y desarrollo de competencias científicas.

Pero, ¿qué enfoque de enseñanza elegir? Recordemos que PISA utiliza como principio rector de su modelo de evaluación las necesidades de los ciudadanos, y opinamos que este mismo principio debe guiar también la enseñanza de las ciencias: si los estudiantes llegados a la edad de 15 años tienen que mostrar su competencia científica en situaciones y contextos relacionados con la vida diaria como demanda PISA (Fensham, 2009), parece lógico que las construyan y desarrollen en estos contextos.

De esta manera, el trabajo en el aula debería centrarse en el tratamiento de problemas y/o situaciones que se consideren importantes para la ciudadanía hoy y, con bastante probabilidad, para un futuro a corto y medio plazo (Perrenoud, 2012). A tal fin, PISA emplea una serie de contextos en los que surge de manera natural una diversidad de situaciones relevantes, enmarcadas en la vida real y cotidiana de los ciudadanos, en los que cobra especial protagonismo el desarrollo de competencias científicas.

Si bien existen distintas formas para articular una enseñanza de las ciencias desde el planteamiento exigido por PISA, consideramos que son los enfoques de enseñanza basada en el contexto (Pilot y Bulte, 2006a) y en relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) (Fensham, 1988) los que parecen más adecuados para diseñar una enseñanza destinada a favorecer el fomento de competencias científicas por parte de los estudiantes. En síntesis, se trata de vincular el desarrollo de competencias en la enseñanza de las ciencias con el tratamiento de problemas de interés de la vida diaria a partir de un enfoque de enseñanza CTS y basados en el contexto (Blanco, España y González, 2010).

Por otro lado, y ante el número y diversidad de contextos posibles, ya se adelantó en el marco teórico de la investigación (capítulo II), que plantear en el aula secuencias de enseñanza y aprendizaje basadas en contextos de la vida diaria se configura como una posible vía adecuada para el desarrollo de competencias científicas (Cañas y Martín-Díaz, 2010).

Elegido el contexto de aplicación, se trata ahora de seleccionar una serie de situaciones problemáticas en torno a la temática elegida para su tratamiento didáctico en el aula. La secuencia de actividades diseñada debe relacionar estos interrogantes definidos con los conocimientos, las actitudes y los valores asociados a los mismos, a la vez que debe ofrecer oportunidades al alumnado de desarrollar distintas competencias científicas, así como contribuir al desarrollo de las demás competencias básicas del currículum (Blanco, Rodríguez y Rueda, 2011).

Desde esta perspectiva didáctica se entiende que el contexto elegido juega un papel fundamental en las distintas etapas que conforman el proceso de enseñanza y las situaciones y problemas procedentes del contexto pasan a constituir el eje central que guía y estructura toda la secuencia (Blanco, España y Franco, en prensa; Blanco, España y Rodríguez Mora, 2012;), como se muestra en la figura 5.2.

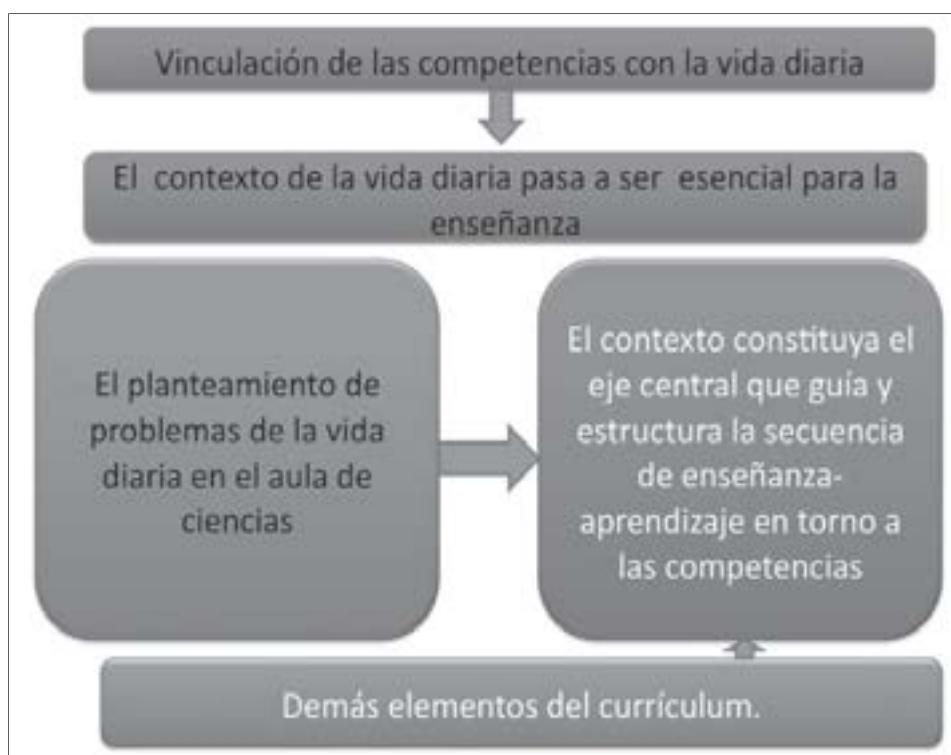


Figura 5.2. Los problemas de la vida diaria como eje central de una secuencia didáctica (tomado de Blanco, España y Franco, en prensa).

Como se ha puesto de manifiesto en los estudios preliminares (capítulo IV) se considera adecuada la utilización de diversas situaciones relacionadas con el contexto del “consumo de agua de bebida envasada” para el trabajo por competencias en el aula.

En el siguiente epígrafe mostraremos algunas consideraciones sobre la utilización de este contexto derivadas de los resultados de estos estudios preliminares, y que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la versión final de nuestra propuesta didáctica.

5.1.3. Conclusiones e implicaciones didácticas de los estudios preliminares

En el capítulo IV se identificó un importante catálogo de opiniones y creencias relacionadas con el consumo de agua de bebida embotellada y agua del grifo, muchas de las cuales no parecen tener ningún fundamento como ya hemos comentado (véase epígrafe 4.2). Entendemos que en el diseño de una propuesta de enseñanza que gire en torno al consumo de agua embotellada debe atender a estas ideas y creencias “erróneas” al objeto de que los estudiantes las evalúen con base en el conocimiento de la ciencia.

Como pusimos de manifiesto en el lugar adecuado, la fundamentación de estas ideas y creencias, y en términos generales, la adecuada comprensión del contexto del agua de bebida envasada, tal como se maneja en esta investigación, requiere de manera directa abordar aspectos básicos de química, y en particular, el estudio de las disoluciones como sistemas materiales. Desde esta perspectiva, parte de nuestra atención debe dirigirse

a cómo hacer para que el estudiante adquiriera aquellos conocimientos propios sobre las disoluciones, de los contemplados en el currículo de 3º ESO, que resulten más relevantes, a la vez que los relacione con otros conocimientos más específicos de la temática propuesta.

Además del contenido de ciencia se muestra necesario que el estudiante aprenda sobre el propio contexto, sobre el tipo de problema planteado (Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011), motivo por el que se presentaran aspectos relacionados con la identificación química del agua de bebida, la presencia de sales disueltas, esto es, la composición de distintos tipos de aguas de bebida (del grifo o embotellada), la caracterización química de la “cal” del agua, la vigilancia sanitaria de las aguas de bebida, influencia de los contenidos publicitarios en la elección del tipo de agua a consumir, etc. De forma indirecta, se pretende poner de relieve cómo las aportaciones de la química intervienen de manera importante en la comprensión de aspectos de nuestra vida diaria, como los relacionados con el agua que bebemos.

En otras palabras, la versión final de la SEA debe contemplar en su diseño situaciones de enseñanza que posibiliten no solo la aplicación del conocimiento adquirido, sino la construcción de nuevo conocimiento, particularmente relacionado con el tópico de las disoluciones. Pero, ¿qué situaciones relacionadas con el consumo de agua de bebida embotellada se muestran apropiadas para su tratamiento en el aula?

El análisis de los resultados de los estudios preliminares nos ha permitido identificar una serie de aspectos y situaciones sobre esta temática, que parecen mostrarse adecuados para su tratamiento didáctico desde un enfoque para el desarrollo de competencias científicas y que, en nuestra opinión, deben formar parte de la versión definitiva de la propuesta didáctica en forma de situaciones de enseñanza (tabla 5.2).

ASPECTOS SOBRE EL CONTEXTO DEL AGUA DE BEBIDA EN LA VERSIÓN FINAL DE LA SEA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El agua de bebida embotellada y el agua del grifo, ¿son ejemplos de disoluciones? ▪ ¿Es pura el agua embotellada? ▪ ¿Es muy diferente la composición del agua embotellada respecto a la del grifo? ▪ ¿Es segura el agua del grifo? ▪ ¿El agua embotellada es más segura y está más controlada que el agua del grifo? ▪ ¿Es el agua embotellada garantía de calidad? ▪ ¿Tienen fundamento científico algunos mensajes publicitarios del agua de bebida embotellada? ▪ ¿Por qué tiene peor (mal) sabor el agua del grifo que la embotellada? ▪ ¿Tiene “cal” el agua de bebida embotellada o solo la del grifo tiene “cal”? ▪ ¿Qué efectos tiene sobre la salud la presencia de “cal” en el agua de bebida? ▪ ¿El agua de bebida embotellada es más sana que la del grifo?

Tabla 5.2. Situaciones de enseñanza sobre el agua de bebida (envasada y del grifo) en la SEA.

5.1.4. Dificultades de aprendizaje en relación con los contenidos que aborda la secuencia

En este apartado queremos realizar una breve reflexión acerca de los problemas de aprendizaje encontrados en la literatura científica que pueden estar implicados en la enseñanza de los contenidos que desarrolla la secuencia didáctica objeto de este trabajo. En la medida de lo posible, estas dificultades han sido tenidas en cuenta en el diseño y planificación de algunas de las actividades de la secuencia didáctica; se trata con ello, de superar estos obstáculos de aprendizaje.

5.1.4.1. Las disoluciones y sus dificultades de aprendizaje

Las disoluciones pertenecen por igual al “mundo de la química” y al de la vida cotidiana, por lo que su estudio se considera relevante para que el estudiante comprenda el entorno que lo rodea (Blanco, 2000). No es de extrañar, por tanto, que para fundamentar y dar sentido a muchos de los fenómenos y situaciones relacionados con el contexto del agua de bebida –tanto embotellada como del grifo–, el estudiante deba conocer y manejar una serie de conocimientos relacionados con este tipo de mezclas.

Las disoluciones conforman un núcleo de contenidos de especial interés para la correcta comprensión de la química y su estudio se considera un tema básico en la enseñanza de la química en los niveles de la educación obligatoria. Las disoluciones también están presentes de manera amplia en el campo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y son muchas las investigaciones realizadas acerca de la enseñanza y las dificultades de aprendizaje de los contenidos relacionados con este tema, así como de la presencia de concepciones e ideas alternativas que dificultan la adquisición del conocimiento científico adecuado (Sánchez Blanco, Pro y Valcárcel, 1997).

Desde el punto de vista químico las disoluciones encierran dificultades de comprensión importantes y dificultades también en el uso y manejo de las nociones que llevan asociadas, como lo demuestra la investigación al respecto desarrollada durante las últimas décadas (Çalıyık, Ayas y Ebenezer, 2005). La investigación acerca de la comprensión de las disoluciones ofrece una serie de resultados que ponen de manifiesto la existencia de concepciones personales muy arraigadas y extendidas en estudiantes de diversas edades y niveles educativos (Blanco, 1995; Calik, Ayas y Ebenezer 2005; Krnel, Watson y Glazar, 1998).

Uno de los rasgos más destacados en los estudios sobre las disoluciones es que se han encontrado concepciones alternativas desde edades tempranas hasta adultos (Driver, Leach, Scott y Wood-Robinson, 1994). Aunque la edad y la instrucción suelen producir mejoras en la comprensión de las disoluciones desde el punto de vista científico, algunos estudios muestran que algunas de estas concepciones se mantienen inalteradas. Así, Çalik, Ayas y Ebenezer (2005) observan que estudiantes de 14-15 años y estudiantes de

magisterio utilizan el mismo tipo de concepciones alternativas, a pesar de que estos últimos han recibido bastante más instrucción sobre el tema.

Algunas de las dificultades en la comprensión de las disoluciones pueden generarse, precisamente, por el hecho de ser un fenómeno muy cotidiano para los alumnos, de modo que desde edades muy tempranas adquieren una serie de rutinas en el proceso de disolución que dan lugar a concepciones personales resistentes a la instrucción. Así, experiencias como preparar algunas bebidas en casa o endulzar la leche les pueden llevar a considerar imprescindibles algunas acciones como agitar o calentar para que las sustancias sólidas se disuelvan (Blanco y Prieto, 1997).

Según Blanco (1995), los alumnos entre 12 y 18 años muestran una persistencia de la visión cotidiana de las disoluciones que se corresponde con el esquema de razonamiento causal descrito por Anderson (1986), en el cual un agente actúa, con su propio cuerpo, directa o indirectamente sobre un objeto y le produce un cambio. La necesidad de factores externos para que se produzca la disolución persiste incluso en alumnos de 18 años con bastante instrucción en química. Esta persistencia se atribuye a las experiencias cotidianas, y a que el modelo de pensamiento causal de Anderson se activa cuando no se tienen esquemas explicativos adecuados, sobre todo por una escasa asimilación de los conceptos que aporta la teoría cinético-molecular para la comprensión del fenómeno de disolución.

Dar una explicación científica de los fenómenos suele ser una cuestión compleja para los alumnos y alumnas, y así se constata en los estudios en los que se ha abordado este aspecto para el caso de las disoluciones (Blanco y Prieto, 1994). Muy pocos alumnos utilizan ideas de la naturaleza corpuscular de la materia en sus explicaciones (Prieto, Blanco y Rodríguez García, 1989). La visión de la naturaleza interactiva y molecular de los fenómenos de disolución necesarios para entender por qué unas sustancias se disuelven y otras no, queda muy lejos de los alumnos de la educación secundaria (Blanco, 2000).

Igualmente, el concepto de concentración es primordial para el aprendizaje de esta parte de la química. La concentración en masa de una disolución es una magnitud física directamente proporcional a la cantidad de soluto e inversamente proporcional al volumen total de la disolución. Estas dos premisas son las responsables de las dificultades que encuentran los estudiantes a la hora de resolver cuestiones relacionadas con la composición cuantitativa de las disoluciones. Tal y como mencionan Raviolo, Siracusa, Gennari y Corso (2004), el alumnado tiende a fijar su atención en una sola de las condiciones o encuentra mayor facilidad en la resolución de problemas donde únicamente varía la cantidad de soluto.

En relación a la investigación que aquí se presenta, para la selección de los contenidos correspondientes al estudio de las disoluciones, así como su tratamiento en el aula con el fin de mejorar las dificultades de aprendizaje señaladas, seguiremos las estrategias didácticas y consideraciones que recoge y fundamenta en sus estudios el profesor Blanco (Blanco, 2000). En la figura 5.3 se presenta un esquema que delimita los principales

aspectos conceptuales que pueden considerarse básicos en la enseñanza y aprendizaje de las disoluciones en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) según este mismo autor.

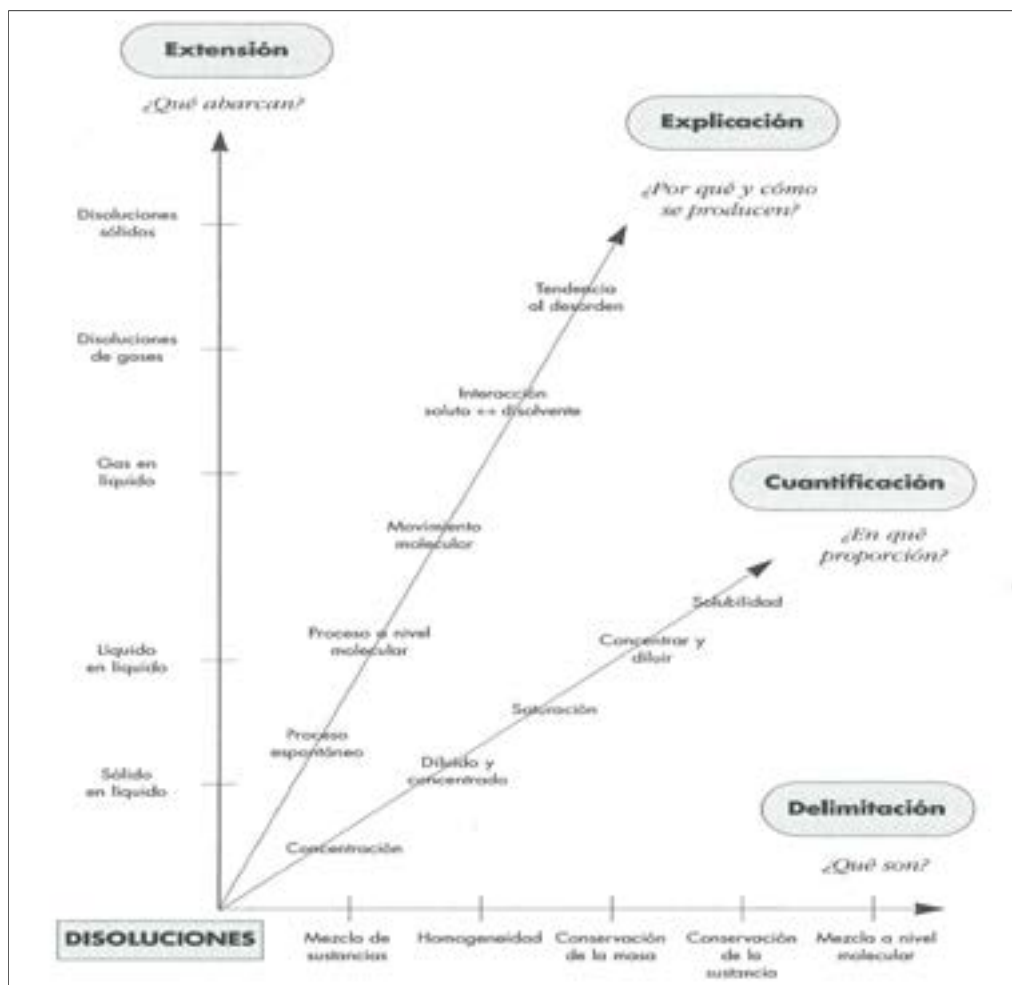


Figura 5.3. Aspectos de interés en el aprendizaje de las disoluciones (tomado de Blanco, 2000).

5.1.4.2. El agua de bebida como sistema material: dificultades de aprendizaje

En relación con la temática que se propone en la secuencia didáctica, distintos estudios consultados (Driver *et al.*, 1989; Fuertes, Llitjós, Miró, Morales y Sánchez, 1999; Llitjós y Sánchez, 1994) ponen de manifiesto una serie de dificultades en relación con el correcto aprendizaje de ciertas características del agua de bebida:

- En relación con la naturaleza química del agua de bebida embotellada se presentan ciertas dificultades para identificarla como una disolución diluida. En términos más generales, el aspecto del agua (del grifo o envasada) suele dificultar que se perciba y conceptualice como una disolución (mezcla), ya que “parece sólo agua”, y en consecuencia, los estudiantes pueden mostrar algunos problemas en la correcta interpretación de los datos de las etiquetas de agua embotellada o de los análisis químicos de las aguas de la red de abastecimiento municipales.

- b) En relación a lo indicado, los estudiantes pueden identificar el agua de bebida envasada (disolución diluida incolora y transparente) como una sustancia pura, “sólo agua”, no como una mezcla de sustancias, y en consecuencia, no explicar de forma adecuada sus características.
- c) La consideración del agua embotellada por parte del estudiante como “pura” revela que se suele imponer el marco interpretativo de la vida cotidiana. De forma indirecta alude también este aspecto a ciertas dificultades derivadas de los distintos significados del término puro en la vida diaria frente al significado científico (Sanmartí, 1989).
- d) La idea de “agua pura” que podemos encontrar asociada al agua de bebida embotellada puede quedar reforzada por el “sabor y olor a cloro” que los estudiantes asocian con el agua del grifo debido a los procesos de desinfección sanitaria a los que ésta última se somete, no necesarios en el agua envasada y que suele contribuir a que los estudiantes la perciban como “agua mejor y de más calidad”.
- e) La presencia de información en la etiqueta del agua envasada, como por ejemplo, el registro sanitario parece atribuir a este tipo de agua una cierta garantía de calidad o de pureza, y por tanto, una ausencia garantizada de sustancias perjudiciales para la salud, convirtiéndola en un “agua saludable” en relación con el agua del grifo que sí puede contenerlas, al tratarse de un agua de “peor calidad, más contaminada y menos vigilada”.
- f) De la misma manera se puede llegar a identificar “agua de calidad o de gran pureza” con “agua pura” desde el punto de vista científico, aunque quizá esta razonamiento pueda parecer algo trivial para el nivel de los estudiantes participantes en esta propuesta.
- g) La información científica en relación con el estudio del agua parece mostrarse para muchos estudiantes más irrelevante frente al de otras sustancias, pues la presencia de esta familiar sustancia en nuestra vida diaria, hace que el estudiante ya disponga de un conocimiento muchas veces profundo de ella y anterior al propio conocimiento académico.
- h) Se han detectado, igualmente, algunas dificultades en relación con la comprensión de la naturaleza de los iones presentes en el agua de bebida y su concentración, así como de otras propiedades físicas y químicas que caracterizan a un determinado tipo de agua.

Por otro lado, somos conscientes de que los alumnos y alumnas de las edades a las que se plantea la propuesta presentan una serie de dificultades de diversa índole recogidas por Pro y Saura (2007), y que también se han tratado de tener en cuenta en la elaboración de la propuesta didáctica. Entre ellas nos parece importante señalar las siguientes: el trabajo con la información es fuente de obstáculos de tipo procedimental, dificultades de los estudiantes para reconocer las ideas fundamentales de un texto, problemas de

comprensión lectora, utilización poco precisa de la información que se encuentra en internet, asumir la información “entrante” visual o escrita –y en particular, en anuncios de tipo publicitario–, con escaso espíritu crítico, poca iniciativa y autonomía personal.

5.1.5. Un esquema para el diseño de secuencias didácticas

El enfoque de referencia adoptado para la enseñanza de las competencias científicas y el enfoque de enseñanza en contexto elegido para favorecer su desarrollo en el aula, deben quedar integrados en un esquema para la planificación de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA), aspecto que será objeto de atención en este apartado.

Como se indicó en el marco teórico de esta investigación (capítulo II), una SEA debe articular un conjunto de actividades de enseñanza-aprendizaje fundamentadas en la investigación y adaptadas al nivel evolutivo de los estudiantes (Méheut, 2004). Como elemento clave de la planificación docente el diseño de una SEA requiere, de forma explícita o implícita, la toma de decisiones en torno a una serie de aspectos relevantes como qué queremos que los alumnos y alumnas aprendan, qué contenidos concretos enseñar, en qué contexto, con qué objetivos, en qué orden y de qué forma se llevan a cabo y evalúan las actividades que se realizan para enseñar y aprender los contenidos curriculares (Couso, 2011).

Desde las premisas anteriores se ha tratado de concretar cada uno de los aspectos relevantes que requiere el diseño y elaboración de una SEA. En el proyecto COMPCIEN 10-16 se ha propuesto un enfoque para el diseño tomando como punto de partida diferentes trabajos realizados desde perspectivas constructivistas, especialmente los de Gil y Martínez (1987), Driver (1988), Sánchez y Valcárcel (1993), Leach y Scott (2002) y Pro y Saura (2007), e incorporando nuevos aspectos que se consideran necesarios para su adaptación al tratamiento de las competencias científicas.

Este marco para la elaboración de secuencias se ha venido desarrollando y validando en la práctica con muestras piloto de estudiantes de secundaria, mediante el trabajo conjunto entre investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales y un buen número de profesores de ciencia. En la figura 5.5 se detallan las características más destacadas del enfoque de planificación propuesto.

Como puede apreciarse el diseño de la secuencia didáctica implica diversas tareas, que pueden agruparse en las siguientes seis etapas básicas (Blanco, Franco y España, 2015):

1. Elección del contexto de enseñanza y definición del problema.
2. Planteamiento de interrogantes en torno a los que girará la SEA.
3. Elaboración de los objetivos de aprendizaje.
4. Selección de los conocimientos, actitudes y valores.

5. Elaboración de la secuencia de actividades de enseñanza.
6. Diseño de la evaluación del aprendizaje de los alumnos.

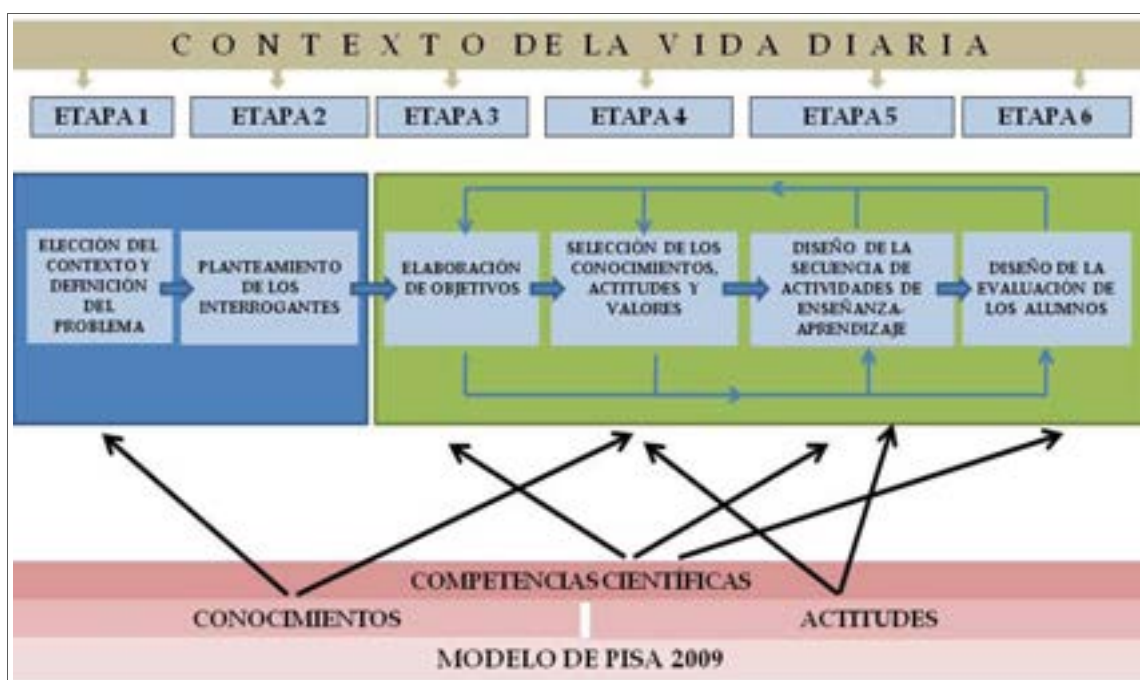


Figura 5.4. Componentes y etapas del enfoque para el diseño de SEA centradas en el desarrollo de competencias científicas utilizado en esta investigación (tomado de Blanco, Franco y España, 2015).

Las tareas que se llevan a cabo en estas seis etapas van a estar fuertemente influenciadas por dos factores. Por un lado, por el contexto de la vida diaria en el que se identificará y formulará el problema que dará sentido y articulará toda la secuencia (Blanco, España y Rodríguez Mora, 2012); por otro, por el marco para el fomento de competencias científicas de PISA en ciencias (OCDE, 2006a; 2009; 2012), en el sentido de que la secuencia diseñada tiene que contemplar actividades para el desarrollo de las tres competencias que incluye, así como aspectos concretos relativos a las dimensiones de conocimientos (tanto de ciencia como sobre las ciencias) y de actitudes y valores. Cada una de las dimensiones del esquema de PISA (competencias, conocimientos y actitudes) influyen de forma diferente en la elaboración de la SEA. El conjunto de “flechas” que aparecen en la parte inferior de la figura 5.4 muestran las etapas en las que esta influencia es más notoria.

Aunque la forma en que se muestran las etapas 3, 4, 5 y 6 pudiera dar a entender un carácter lineal en su desarrollo, queremos hacer constar que en la práctica requieren un “feedback”, sujeto a sucesivas revisiones, con objeto de asegurar la coherencia entre el tratamiento del problema elegido, los objetivos de aprendizaje, los conocimientos, actitudes y valores seleccionados, la secuencia de actividades de enseñanza y la evaluación del aprendizaje. Comentaremos el sentido y significado que tienen cada una de las etapas del esquema de planificación utilizado en el siguiente epígrafe, a la vez que lo aplicamos y ejemplificamos con nuestra propuesta didáctica.

5.2. ELABORACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA *¿ES NECESARIO CONSUMIR AGUA EMBOTELLADA?*

Presentados los fundamentos del diseño y los distintos aspectos que deben ser tenidos en cuenta para articular y estructurar la SEA, junto con las conclusiones de los estudios preliminares referidos en el capítulo IV, en este epígrafe se muestra el proceso concreto de elaboración de la versión final de la secuencia didáctica, así como la organización para su implementación en el aula.

5.2.1. Construyendo la SEA: etapas en el diseño

Tal como acabamos de presentar, el enfoque de planificación de SEA que se maneja en este estudio principal implica una serie de tareas agrupadas en seis etapas. Seguidamente se muestra el proceso sistemático de toma de decisiones que ilustra cómo se ha desarrollado cada una de las etapas para el diseño de nuestra propuesta didáctica sobre el consumo de agua de bebida embotellada.

Etapas 1: elección del contexto de enseñanza y definición del problema

Como se ha venido justificando se propone el uso de distintas situaciones relacionadas con el consumo de agua de bebida envasada como contexto de enseñanza-aprendizaje, según hemos puesto de manifiesto en los estudios preliminares (capítulo IV). En la figura 5.5 se indican, a modo de síntesis, las principales razones para utilizar este contexto.



Figura 5.5. Argumentos educativos para elegir el consumo de agua embotellada como contexto para la enseñanza de las ciencias.

Seleccionado el contexto de enseñanza debemos proceder a identificar el problema concreto objeto de análisis. Se trata de plantear problemas que pongan a los estudiantes en situaciones de desafío, evitando lo obvio, y se vean en la necesidad de construir y utilizar el conocimiento adecuado y relevante para identificarlos, entenderlos y afrontarlos. A este respecto, se considera que las situaciones reales y los problemas auténticos implican fenómenos complejos que requieren aproximaciones interdisciplinarias, científicas, técnicas, éticas y artísticas (Bolívar, 2010; Jiménez-Aleixandre, 2010).

Estos “problemas” se plantearán en forma de preguntas que capten fácilmente la atención de los estudiantes. Deben, igualmente, quedar expresadas de manera concreta y cercana al alumnado y planteadas deliberadamente en el lenguaje cotidiano para que puedan entenderlas claramente. De la misma forma, deben quedar abiertas en su planteamiento a la búsqueda de respuestas y soluciones (España, Blanco y Rueda, 2012).

En nuestro caso, y en relación al contexto elegido del agua de consumo envasada, “el problema” se presentará formulado en los siguientes términos: *¿por qué bebemos agua embotellada?*

Etapas 2: planteamiento de los interrogantes en torno a los que girará la SEA

Partiendo del problema planteado la formulación de interrogantes más concretos que guíen y articulen la SEA constituye la segunda etapa. La identificación de dichos interrogantes es importante porque con ellos se pretende dotar de coherencia al desarrollo didáctico del problema que permita al alumnado adquirir una visión más completa del tema y ayudarlo a tomar decisiones reflexionadas sobre el mismo.

En la búsqueda de estos interrogantes es muy importante conocer el punto de partida de los estudiantes, que incluye tanto sus ideas previas como el conocimiento de sus hábitos, actitudes y valores en torno al problema a abordar. De este modo, este punto inicial nos puede llevar a nuevos interrogantes no previstos, que debemos conocer antes de continuar con el diseño de la secuencia didáctica.

Según pusimos de manifiesto en el análisis del contexto llevado a cabo en los estudios preliminares (capítulo IV), en nuestro país el consumo de agua embotellada está tan extendido que llega a verse por algunas personas como una necesidad, justificada por determinadas creencias de que el agua del grifo es de peor calidad, es menos segura y está menos controlada que el agua de bebida envasada (Rodríguez Mora y Blanco, 2009), lo que no están justificado en términos generales ni para los que parecen existir razones concluyentes de acuerdo con diferentes estudios e informes técnicos realizados (Gleick, 2004; Olson, 1999).

Esta disyuntiva entre el consumo de agua de bebida embotellada y agua del grifo es el eje central que motiva la propuesta didáctica a través del planteamiento de dos interrogantes clave que guiarán y estructurarán toda la secuencia de actividades (Blanco, España y Rodríguez Mora, 2012), y que se comentarán a continuación.

A. ¿Es necesario consumir agua embotellada?

Este primer interrogante pretende acercar el problema a los estudiantes indagando acerca de los hábitos de consumo, así como las ideas previas y creencias que manifiestan en torno al consumo de agua de bebida embotellada. Además, se pretende que los estudiantes valoren la importancia de este tema y tomen conciencia de las diferentes dimensiones asociadas con este consumo: problemas medioambientales (como contaminación y aumento del consumo energético), impacto social y económico (moda social y marketing), aspectos éticos, etc. En particular, cobra especial relevancia la relación entre el consumo de agua de bebida embotellada y la salud del consumidor.

B. ¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?

Se pretende que el estudiante cuestione de forma crítica las posibles diferencias entre el agua corriente de abastecimiento público (agua del grifo) y el agua de bebida envasada. En segundo lugar, se pretende analizar desde una perspectiva científica algunas de las razones que utilizan los consumidores para justificar el consumo de agua de bebida embotellada como alternativa de superior calidad al agua del grifo.

Etapas 3: elaboración de los objetivos de aprendizaje

Esta propuesta didáctica se centra en un producto cotidiano, presente en la vida diaria del estudiante –como es el agua de bebida embotellada– como marco para presentar y desarrollar contenidos de química. Pero, como indicamos en los fundamentos del diseño (epígrafe 5.1), no se trata solo de aprender y aplicar lo teórico al contexto elegido sino que el objetivo global que se persigue es utilizar las distintas dimensiones y situaciones asociadas con el contexto del “consumo de agua de bebida envasada” para promover el desarrollo de competencias científicas en el aula.

A partir de este objetivo global competencial la siguiente etapa arranca con el análisis de las actuaciones que la secuencia didáctica quiere promover entre los estudiantes, intenciones que quedaron concretadas en una serie de objetivos de aprendizaje. Por otro lado, en una enseñanza basada en competencias se plantea la necesidad de que los objetivos de aprendizaje se formulen en términos de competencias (Pedrinaci, 2012).

Los objetivos que se formulen tienen que recoger los aspectos más importantes de los problemas elegidos y las competencias que se pretenden desarrollar en las mismas, que claramente están vinculados entre sí en la búsqueda de soluciones y mejora del problema. Así, se espera que con la propuesta didáctica el estudiante sea capaz de desarrollar las siguientes capacidades:

- A. Reflexionar sobre las diferencias entre el agua embotellada y del grifo a efectos de composición y control sanitario.
- B. Conocer y aplicar conocimientos de química utilizando un producto tan cotidiano como el agua de bebida embotellada.

- C. Aprender a identificar cuestiones científicas, a explicar y a argumentar utilizando ideas, datos y pruebas científicas.
- D. Tomar conciencia de que la química forma parte de nuestra vida diaria y que nos ayuda a conocer la composición de los productos que consumimos.
- E. Reconocer que este tipo de conocimientos es muy útil para mejorar nuestros hábitos de alimentación y de consumo y para tomar mejores decisiones con respecto a nuestra salud.
- F. Tomar decisiones reflexionadas y fundamentadas acerca de este tema.

Etapas 4: selección de los conocimientos, actitudes y valores

Los interrogantes organizadores del problema y los objetivos de aprendizaje definidos guían la selección y secuenciación de los conocimientos, actitudes y valores objeto de atención en la secuencia de actividades. Naturalmente, la amplitud del tema propuesto exige manejar una serie de criterios para su selección.

Como criterio principal para la selección del contenido se encuentra su significatividad y relevancia para mejorar la comprensión del problema planteado (Blanco, España y Rodríguez Mora, 2012). En paralelo, se han tenido en cuenta otros criterios como los que se indica seguidamente (Couso, 2011):

- Contenidos clave: elaborar la secuencia de actividades a partir de los contenidos (de ciencia y sobre ciencia) realmente necesarios e imprescindibles para poder comprender y fundamentar el contexto elegido, con un nivel de rigor y formalidad acorde con el nivel curricular de los estudiantes.
- Contenidos útiles: seleccionar aquellos contenidos que permitan su adecuada contextualización en situaciones reales de la vida cotidiana permitiendo al estudiante apreciar su importancia y necesidad, y que por su interés contribuyan al desarrollo de competencias básicas, en especial de las competencias científicas.

En la tabla 5.3 aparecen redactados los contenidos que se abordan en la SEA con indicación de los componentes conceptuales (de ciencia y sobre ciencia), procedimentales y actitudinales (Rodríguez Mora y Blanco, en prensa).

Del análisis del bloque de conocimientos pueden apreciarse tres “zonas” con el objeto de abordar coherentemente los interrogantes clave planteados en la secuencia. Así, se presenta un bloque de conocimientos relacionados con los aspectos químicos del agua de bebida, fundamentalmente en torno a las disoluciones. Un segundo bloque se centra en presentar información sobre las posibles diferencias entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo; mientras que el tercer bloque dedica al análisis de las razones por las que se prefiere el consumo de agua embotellada como alternativa al agua de la red pública. En conjunto, se ha procurado brindar información suficiente al estudiante

para que pueda fundamentar su postura personal ante “el problema” del consumo de agua envasada.

CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES Y VALORES
<ul style="list-style-type: none"> - El agua de bebida embotellada y el agua del grifo como sistemas materiales en Química. - Sustancias puras y mezclas de sustancias. - El agua embotellada no es un material químicamente puro. - El concepto de “pura” en el ámbito de la ciencia y en el ámbito de la vida cotidiana. - Mezclas homogéneas y heterogéneas. - Las disoluciones como mezclas homogéneas. - El agua embotellada y el agua del grifo como ejemplos de disoluciones. - Reversibilidad del proceso de disolución. - Técnicas de separación física de los componentes de una disolución. - Presencia de las disoluciones en nuestra vida diaria: alimentos, productos de higiene, de limpieza, etc. - Modelos científicos para explicar el proceso de disolución. - Factores de los que depende la composición de una disolución. - Expresión de la concentración en masa en la unidad gramos de soluto por litro de disolución. - La composición del agua embotellada y del grifo. - Los “iones fundamentales” en el agua de bebida. - Diferencias entre el agua del grifo y el agua embotellada a efectos de composición. - La seguridad en el agua de bebida. - Diferencias entre el agua del grifo y el agua embotellada a efectos de control sanitario. - Razones para el consumo de agua de bebida embotellada. - Ventajas e inconvenientes que tiene el consumo de agua de bebida envasada sobre la del grifo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación de sistemas materiales como mezclas homogéneas y heterogéneas. - Identificación de los componentes de una disolución. - Descripción del agua embotellada como sistema material. - Utilización de modelos científicos para realizar predicciones y explicar cambios. - Argumentación y utilización de pruebas. - Selección y análisis de información relevante a partir de textos escritos, etiquetas de agua envasada, vídeos y anuncios. - Diseño de procedimientos para la separación física de los componentes de mezclas. - Cálculo de la concentración de una disolución. - Realización de esquemas sobre las características químicas del agua de bebida embotellada. - Tabulación e interpretación de datos en relación con la composición química del agua de bebida. - Reconocimiento de cuestiones sobre el agua de bebida, susceptibles de ser investigadas científicamente. - Búsqueda de información en internet. - Elaboración de informes sobre las razones para consumir agua embotellada. - Análisis de ventajas e inconvenientes del consumo de agua embotellada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Valoración de la importancia de la ciencia para conocer el agua que bebemos. - Interés por los conocimientos y las técnicas que ayudan a conocer la composición de las aguas que bebemos. - Valoración de la importancia de las disoluciones en nuestro entorno y de la trascendencia de su estudio. - Toma de conciencia del uso responsable del agua de bebida. - Actitud crítica ante los contenidos de anuncios publicitarios sobre agua de bebida envasada y otros tipos de informaciones. - Valoración de las ventajas e inconvenientes al consumir agua embotellada o agua del grifo. - Desarrollo de hábitos saludables personales basados en el conocimiento científico. - Reconocimiento de problemas relacionados con el agua de bebida con importantes implicaciones sociales. - Reconocimiento de problemas relacionados con el agua de bebida con importantes implicaciones sociales (salud pública y potabilización). - Apreciación de la importancia del contenido científico para interpretar situaciones cotidianas. - Tolerancia y respeto ante otras opiniones. - Rigor en la búsqueda de información. - Interés y curiosidad por el tema del agua de bebida.

Tabla 5.3. Componentes conceptuales, procedimentales y actitudinales de la propuesta didáctica.

En cuanto a las habilidades, son muchas las posibles destrezas implicadas dada la amplitud del tema propuesto, por lo que en la tabla anterior únicamente se recoge una se-

lección de las más representativas. Como puede observarse cobra especial protagonismo aquellas destrezas y habilidades directamente relacionadas con el fomento de competencias científicas: reconocer cuestiones científicas, argumentar, identificar, utilizar pruebas, aplicar conocimiento, interpretar datos, describir y explicar, etc.

Los contenidos actitudinales también se abordan con el desarrollo de la propuesta didáctica. En la tabla 5.3 se recoge una selección significativa de actitudes científicas, de actitudes hacia la ciencia y en referencia a aspectos relacionados con el consumo de agua de bebida envasada, con especial atención a sus implicaciones sociales.

Etapas 5: elaboración de la secuencia de actividades de enseñanza

Conocidos los interrogantes del problema, los objetivos y los contenidos que debe incorporar la propuesta didáctica, la siguiente etapa implica relacionar todos estos factores entre sí en una serie de situaciones de enseñanza y su concreción en una secuencia de actividades.

Para completar esta etapa se abordaron las siguientes dos tareas:

- a) Análisis del tratamiento didáctico del problema para su adecuada organización y secuenciación, y su implicación en el diseño de cada una de las actividades de la secuencia.
- b) Articulación de los dos interrogantes clave u organizadores de la propuesta en una serie de interrogantes más concretos para su tratamiento en el aula.

Tratamiento didáctico del problema

Para el tratamiento didáctico del problema planteado, y como resultado de nuestros estudios preliminares (véase la síntesis propuesta en tabla 4.11), la secuencia de actividades se ha estructurado en los tres apartados que se indican en la figura 5.6.



Figura 5.6. Organización de los apartados que estructuran la secuencia de actividades.

A. El agua de bebida como sistema material

En este primer apartado se aborda el estudio del observable “agua de bebida” como sistema material objeto de estudio de la química. A tal fin, se introducen y exploran los conocimientos químicos (conceptuales y de procedimiento) necesarios para comprender adecuadamente el contexto elegido. Estos conocimientos se relacionan fundamentalmente con aspectos básicos del aprendizaje de las disoluciones: noción de mezcla, tipos de mezclas, características básicas de las disoluciones, métodos de separación de mezclas, composición de una disolución, proceso de disolución, etc.

El objetivo fundamental de este apartado no es otro que facilitar al estudiante la comprensión de que, tanto el agua envasada como el agua del grifo, son mezclas de materiales, y en particular, disoluciones acuosas diluidas. De la misma manera, se introducen los conocimientos necesarios para una correcta interpretación de la composición del agua de bebida, tal como aparece de las etiquetas de agua embotellada o en los análisis químicos de las aguas de abastecimiento público.

B. Comparación entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo

En el segundo apartado se cuestionan posibles diferencias entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo. En la secuencia se atiende, particularmente, a dos aspectos cuyo interés se ha puesto de manifiesto en los estudios preliminares mostrados en el capítulo IV: composición química del agua de bebida y seguridad para el consumo (vigilancia sanitaria).

Desde esta perspectiva, se considera relevante que los estudiantes reflexionen sobre los componentes presentes en el agua que bebemos, comparando diferentes análisis químicos, tanto del agua corriente del grifo de varias ciudades españolas como de varias marcas de agua envasada de consumo frecuente en España, prestando especial atención a la identificación de los denominados “minerales esenciales”.

En la misma medida, se pretende confrontar la creencia –manifestada por un buen número de estudiantes en los estudios previos– según la cual el agua del grifo es “poco segura” o está poco controlada desde el punto de vista sanitario.

C. Análisis de las razones para consumir agua de bebida embotellada

En este último apartado de la secuencia didáctica los estudiantes analizan algunas de las principales razones por las que los consumidores eligen el agua de bebida embotellada como alternativa al agua del grifo, tratando de fundamentar estas razones desde el conocimiento científico.

Son diversas las razones para preferir el agua de consumo envasada (Ferrier, 2001) por lo que el trabajo de los estudiantes se centrará en cuatro aspectos relevantes, tal como se justificó tras el análisis de los resultados de la implementación de la segunda versión de nuestra propuesta didáctica: la influencia de la publicidad en el consumo de agua de

bebida embotellada, el “mal” sabor del agua del grifo, la presencia de “cal” en el agua del grifo y la relación entre el consumo de agua embotellada y el cuidado de la salud.

De igual manera, basándonos en estos mismos resultados (tabla 4.11), se convino en presentar la versión final de la SEA articulada en cinco fases, en paralelo con las varias etapas que se contemplan para la resolución de un problema. En la tabla 5.4 se recoge la intencionalidad educativa que hemos asignado a cada una de las fases planteadas. Como se aprecia, las tres partes del tratamiento de un problema (identificación del problema, resolución y presentación de resultados) se han relacionado aquí con las fases en el proceso de aprendizaje que normalmente se contemplan en el diseño y desarrollo de secuencias didácticas (Pro y Saura, 2007).

PARTES DEL PROBLEMA	FASES DE LA SEA	INTENCIONALIDAD EDUCATIVA
Inicio. Identificación del problema.	<i>I. ORIENTACIÓN Y EXPLICITACIÓN DE IDEAS PREVIAS.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Justificar la elección del tema y su tratamiento como contexto cotidiano. ▪ Motivar, captar y centrar la atención del alumnado sobre el tema elegido. ▪ Organizar y orientar el trabajo en el aula. ▪ Detectar y explorar las ideas iniciales que el alumnado manifiesta sobre el consumo de agua de bebida embotellada.
Desarrollo. Resolución del problema.	<i>II. CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentar los conocimientos científicos necesarios para que el estudiante caracterice el agua de bebida desde el punto de vista químico (como sistema material).
	<i>III. APLICACIÓN Y GENERALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informar sobre aspectos relevantes del agua de bebida, tales como su composición o control (seguridad). ▪ Ayudar a fundamentar desde el punto de vista científico algunas de las razones por las que se consume agua de bebida embotellada. ▪ Mostrar al estudiante cómo los conocimientos de la ciencia se pueden aplicar a determinadas situaciones cotidianas. ▪ Fomentar el interés por el aprendizaje de la ciencia. ▪ Plantear situaciones relacionadas con el consumo de agua de bebida embotellada para el desarrollo de competencias científicas.
Finalización. Presentación de resultados.	<i>IV. SÍNTESIS Y RECAPITULACIÓN.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ayudar al alumnado a reflexionar sobre determinados aspectos del consumo de agua de bebida embotellada. ▪ Contribuir a la reflexión sobre las ventajas e inconvenientes de consumir agua del grifo o agua de bebida envasada.
	<i>V. REFLEXIÓN SOBRE EL APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisar y reflexionar con el alumnado sobre lo que se ha aprendido. ▪ Solicitar la colaboración de los estudiantes para que expresen sus opiniones y puntos de vista sobre el contenido y desarrollo en el aula de la SEA. ▪ Valorar el grado de desempeño de competencias científicas en una prueba escrita de evaluación.

Tabla 5.4. Fases de la secuencia de actividades (versión final).

Interrogantes organizadores de la secuencia de actividades

Tras proponer (etapa 2) los interrogantes clave que articularán el conjunto de actividades de la SEA, y una vez definida la estructura básica de dicha secuencia, la siguiente tarea del diseño consistió en el desglose de los dos interrogantes directores formulados en otros más concretos, con objeto de relacionar e integrar el tratamiento del problema en torno al consumo de agua de bebida envasada con las fases del proceso de aprendizaje (Driver, 1988; Pro y Saura, 2007; Sánchez Blanco y Valcárcel, 1993).

En la tabla 5.5 se recuerdan los interrogantes directores que organizan y estructuran el conjunto de actividades planteadas, y se muestra la serie de interrogantes organizadores más concretos que permiten su tratamiento y desarrollo en el aula, permitiendo al alumnado captar la coherencia de las actividades sugeridas y adquirir una visión de conjunto de la propuesta.

INTERROGANTES CENTRALES DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	
<p><i>¿ES MEJOR EL AGUA EMBOTELLADA QUE EL AGUA DEL GRIFO?</i> <i>¿ES NECESARIO CONSUMIR AGUA DE BEBIDA EMBOTELLADA?</i></p>	
FASES DE LA SECUENCIA	INTERROGANTES ORGANIZADORES
Inicio. Identificación del problema.	
<i>Fase I.</i> <i>Orientación y explicitación de ideas previas.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ¿Por qué es importante plantearse el consumo de agua de bebida embotellada? ¿Cuáles son para ti las diferencias entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo? ¿Cuáles son tus razones para consumir agua de bebida embotellada? ¿Cuáles de estas ideas pueden ser científicamente contrastadas?
Desarrollo. Resolución del problema.	
<i>Fase II.</i> <i>Construcción del conocimiento.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?
<i>Fase III.</i> <i>Aplicación y generalización del conocimiento.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué diferencias hay entre el agua del grifo y el agua embotellada? ¿Por qué bebemos agua embotellada?
Finalización. Presentación de resultados.	
<i>Fase IV.</i> <i>Síntesis y recapitulación.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué ventajas e inconvenientes presenta el consumo de agua de grifo y el de agua embotellada? ¿Es necesario consumir agua embotellada? ¿Es mejor que la del grifo?
<i>Fase V.</i> <i>Reflexión sobre el aprendizaje y evaluación.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué he aprendido sobre el tema? ¿Qué me ha parecido esta forma de trabajar en el aula?

Tabla 5.5. Interrogantes organizadores de la versión final de la secuencia didáctica.

Una vez establecida dicha relación se procede a desarrollar cada una de las fases y apartados de la secuencia a través de diferentes actividades. El diseño de estas actividades debe ofrecer oportunidades a los alumnos y alumnas para desarrollar de forma equilibrada las tres competencias científicas que menciona PISA en ciencias (OCDE, 2006a):

identificar cuestiones científicas (I), explicar fenómenos científicos (E) y utilizar pruebas científicas (U), así como contribuir al desarrollo de las demás competencias básicas contempladas en el currículum español.

Para abordar cada uno de los interrogantes organizadores propuestos se selecciona un conjunto de actividades de enseñanza y aprendizaje. Se ha procurado que estas actividades faciliten una adecuada comprensión del interrogante planteado, a la vez que proporcionen los contenidos fundamentales para su correcta interpretación y solución. En la misma medida, se ha procurado que la introducción de conocimiento químico relevante formase parte de actividades que utilizando tópicos próximos del contexto del agua embotellada, exigieran a los estudiantes su utilización, y por extensión les permitieran captar la utilidad de este conocimiento y apreciar su importancia y necesidad.

En las tablas 5.6 a 5.9 se presenta la descripción de la secuencia de actividades para cada una de las fases reseñadas anteriormente, así como su contribución al fomento y desarrollo de las competencias científicas por parte de los estudiantes. El análisis competencial de cada actividad se ha categorizado de acuerdo a las capacidades científicas contempladas por PISA en ciencias para cada una de las competencias científicas, tal como se formulan en la tabla 5.1.

FASE I: ORIENTACIÓN Y EXPLICITACIÓN DE IDEAS PREVIAS		
Interrogantes del problema	Descripción de la secuencia de actividades	CC ^(*)
<i>¿Por qué es importante plantearse el consumo de agua de bebida embotellada?</i>	A.0.1. Para captar el interés de los estudiantes el profesor, apoyándose en una presentación de diapositivas, muestra diferentes vertientes asociadas al consumo de agua embotellada. Justificación del tema.	(**)
<i>¿Cuáles son para ti las diferencias entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo?</i>	A.1.1. Cumplimentación de un cuestionario para que los estudiantes pongan de manifiesto sus hábitos de consumo de agua embotellada y las razones por las que lo hacen.	-----
<i>¿Cuáles son tus razones para consumir agua de bebida embotellada?</i>	A.1.2. Puesta en común. A partir de las aportaciones del alumnado se confecciona un catálogo con las ideas y creencias más relevantes detectadas en relación con el consumo de agua de bebida embotellada.	-----
<i>¿Cuáles de estas ideas pueden ser científicamente contrastadas?</i>	A.1.3. En relación con el catálogo anterior, identificación de ideas y creencias que pueden ser científicamente investigadas. Motivación para seguir aprendiendo.	II
	A.1.4. El profesor pone de manifiesto la importancia del conocimiento científico para ayudar a conocer mejor el agua de bebida y tomar decisiones más adecuadas sobre su consumo.	(**)

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). (**) Hace referencia a actitudes científicas y hacia la ciencia que se requieren para el desarrollo de competencias científicas.

Tabla 5.6. Secuencia de actividades de la fase I: orientación y explicitación de ideas previas.

FASE II: CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO		
Interrogantes del problema	Descripción de la secuencia de actividades	CC ^(*)
<i>¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?</i>	A.2.1. Análisis de frases cotidianas donde aparecen los términos “puro” o “pura”. Puesta en común. Introducción del concepto de sustancia pura y clarificación de ideas.	I2
	A.2.2. Los estudiantes deben completar una tabla con los distintos significados de los términos “puro” o “pura” en el lenguaje cotidiano y en el lenguaje científico.	I1
	A.2.3. Lectura de un texto en el que se argumenta por qué el agua embotellada no es un sistema material químicamente puro. Tras la lectura identificación de las ideas principales del texto e interpretación de una afirmación relacionada con el mismo.	I2 E2
	A.2.4. Dar a conocer otro ejemplo de mezcla cotidiana: a partir de los datos presentes en un análisis químico, el estudiante deberá argumentar sobre qué tipo de sistema material es “el agua del grifo”.	U1
	A.2.5. Lectura de un texto donde se introducen los términos básicos para describir las disoluciones como sistemas materiales. Clarificación de ideas.	I2
	A.2.6. A partir de imágenes que muestran distintos ejemplos de mezclas, el estudiante debe reconocer la existencia de disoluciones y explicar los criterios utilizados para diferenciarlas.	I2 E2
	A.2.7. Utilizando los conceptos anteriores tratar de explicar qué tipo de mezcla es el agua de bebida embotellada	E3
	A.2.8. Con una serie de palabras-guía el estudiante debe completar un esquema que resuma lo que sabemos químicamente sobre el agua embotellada.	E2
	A.2.9. El estudiante debe responder de manera justificada a la pregunta <u>¿Es el agua del grifo una disolución?</u>	E1
	A.3.1. Lectura de un texto científico en el que se plantea la conservación de la identidad de las sustancias en una disolución y la reversibilidad del proceso como el fundamento de los métodos de separación de los componentes de una mezcla.	U1 E2
	A.3.2. El profesor con la colaboración de varios estudiantes realiza una experiencia práctica sobre métodos de separación: filtración. Análisis de la idoneidad de esta técnica para la separación de los componentes de una disolución.	E2
	A.3.3. El profesor con la colaboración de varios estudiantes realiza una experiencia práctica sobre evaporación a sequedad. Análisis del resultado obtenido.	E2
	A.3.4. El estudiante debe explicar lo que ocurriría al aplicar la evaporación a sequedad a una pequeña muestra de agua de bebida embotellada y de agua del grifo. Contraste de ideas entre compañeros.	E2

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a).

Tabla 5.7. Secuencia de actividades de la fase II: construcción del conocimiento.

FASE II: CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO		
Interrogantes del problema	Descripción de la secuencia de actividades	CC ^(*)
<i>¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?</i>	A.3.5. Análisis de las distintas acepciones que el término “modelo” presenta en la vida diaria y en la ciencia. Conocer su significado en el contexto científico. Clarificación de ideas.	I2 I3
	A.3.6. Visualización de animaciones acerca de un modelo científico para interpretar la estructura interna de la sal común y del agua líquida. Posteriormente, descripción de las ideas básicas del modelo presentado.	I2 I3 E2
	A.3.7. Lectura de un texto científico y visualización de animaciones sobre el proceso submicroscópico de disolución de la sal común en agua.	I3 I2 E2
	A.4.1. Lectura de un texto donde se aborda el significado de la magnitud concentración en masa y los factores de los que depende.	E2
	A.4.2. A partir de una serie de datos de masa y volumen el estudiante debe justificar qué vaso “contiene el agua más salada”. Clarificación de ideas confusas.	U1
	A.4.3. Cálculo de la concentración en masa de dos disoluciones utilizando datos “no evidentes”.	U1
	A.4.4. Interpretación de los datos de concentración que aparecen en una etiqueta de agua mineral natural.	E3 U1
	A.4.5. El estudiante, con el apoyo de las TIC, debe completar un cuadro con la composición química de distintos materiales que pueden considerarse ejemplos de disoluciones de interés cotidiano.	E3

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a).

Tabla 5.7. Secuencia de actividades de la fase II (continuación).

FASE III: APLICACIÓN Y GENERALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO		
Interrogantes del problema	Descripción de la secuencia de actividades	CC ^(*)
<i>¿Qué diferencias hay entre el agua del grifo y el agua embotellada?</i>	A.5.1. Tras la consulta de etiquetas de agua embotellada y análisis químicos de agua del grifo, elaboración de una tabla de datos para comparar la concentración de iones fundamentales en ambos tipos de agua obteniendo algunas conclusiones.	U1 U2
	A.5.2. Lectura de dos textos que informan sobre la vigilancia y control sanitario del agua embotellada y el agua del grifo.	U1 E3
	A.5.3. Consultar la página web SINAC del Ministerio de Sanidad para obtener información sobre los controles periódicos del agua del grifo de distintas localidades.	I2
<i>¿Por qué bebemos agua embotellada?</i>	A.6.1. Visionado de un vídeo de una conocida marca de agua de bebida envasada y análisis científico del mensaje publicitario.	U3 (**)
	A.6.2. El estudiante debe contestar a varias cuestiones relacionadas con el anuncio publicitario y tratar de justificar la validez científica de algunas afirmaciones.	(**)
	A.6.3 – A.6.5. Consulta guiada de la web para buscar información y contestar justificadamente a una serie de afirmaciones relacionadas con el sabor y dureza del agua del grifo y los efectos sobre la salud del consumo de agua de bebida embotellada. Elaboración de un informe.	I2 U2

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). (**) Hace referencia a actitudes científicas y hacia la ciencia que se requieren para el desarrollo de competencias científicas.

Tabla 5.8. Secuencia de actividades de la fase III: aplicación y generalización del conocimiento.

FASE IV: SÍNTESIS Y RECAPITULACIÓN. REFLEXIÓN SOBRE EL APRENDIZAJE		
Interrogantes del problema	Descripción de la secuencia de actividades	CC ^(*)
<i>¿Qué ventajas e inconvenientes presenta el consumo de agua de grifo y de agua embotellada?</i>	A.7.1. Elaboración de una tabla indicando, desde la perspectiva del alumno, cuáles son (en su opinión) las ventajas e inconvenientes asociados con el consumo de cada tipo de agua.	I2 (**)
<i>¿Es necesario consumir agua embotellada? ¿Es mejor que la del grifo?</i>	A.7.2. Respuesta crítica a las preguntas clave formuladas al comienzo de la unidad.	U3 (**)
FASE V: REFLEXIÓN SOBRE EL APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN		
Interrogantes del problema	Descripción de la secuencia de actividades	CC ^(*)
<i>¿Qué he aprendido sobre el tema?</i> <i>¿Qué me ha parecido esta forma de trabajar en el aula?</i>	Cuestionario de valoración.	-----
Prueba escrita de evaluación.		

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). (**) Hace referencia a actitudes científicas y hacia la ciencia que se requieren para el desarrollo de competencias científicas.

Tabla 5.9. Secuencia de actividades de las fases IV (síntesis y recapitulación) y V (reflexión sobre el aprendizaje y evaluación).

El análisis competencial mostrado, esto es, la vinculación de cada una de las actividades propuestas en la secuencia a las distintas capacidades que integran las competencias científicas en PISA no es una cuestión simple, pues depende este proceso de cómo se formule la actividad y del contexto de enseñanza en el que se considera. Por tal motivo, además de por el autor y el director de tesis, la demanda competencial de cada una de las actividades de la secuencia fue concretada, a escala cualitativa, a través de otros docentes especialistas que en calidad de expertos juzgaron críticamente el contenido permitiendo realizar los ajustes necesarios para su adecuada vinculación competencial.

Etapas 6: diseño de la evaluación del aprendizaje de los alumnos

La última etapa se centra en el diseño de la evaluación del aprendizaje de los estudiantes, buscando la coherencia con el proceso de enseñanza-aprendizaje seguido. Con tal propósito se establecieron cuatro criterios para valorar el grado de consecución de los objetivos de aprendizaje planteados en la secuencia (véase etapa 3), tres de ellos relacionados con el desarrollo de competencias científicas (uno para cada competencia científica que contempla PISA en ciencias 2006), y el último relacionado con aspectos actitudinales, tal como quedan recogidos en la tabla 5.10.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE
a. Identificar cuestiones científicas relacionadas con el consumo de agua de bebida embotellada.	C – D – E
b. Realizar explicaciones utilizando el conocimiento científico.	B – C – F
c. Argumentar utilizando datos y pruebas.	A – B – C – E – F
d. Interés por las cuestiones relacionadas con el contexto del consumo de agua de bebida.	D – E – F

Tabla 5.10. Criterios de evaluación definidos y su relación con los objetivos didácticos.

Estos criterios de evaluación son de naturaleza diversa y, por tanto, requieren de evidencias provenientes de diferentes ámbitos. Se necesita, por tanto, seleccionar un conjunto de instrumentos de evaluación que ayude al docente a analizar el grado de consecución de los criterios de evaluación (Harlem, 1999). En la tabla 5.11 se indican algunas técnicas y los instrumentos de evaluación que se van a emplear para la recogida de información en cada una de las fases del proceso de enseñanza–aprendizaje, y los aspectos que van a ser objeto de evaluación.

FASES DE LA SECUENCIA	¿QUÉ SE EVALUA?	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN
<i>Orientación y explicitación de ideas previas.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Hábitos de consumo de agua de bebida embotellada. - Conocimientos y creencias sobre el consumo de agua embotellada y sus diferencias con el agua del grifo. - Ideas previas sobre el tema. - Implicación e intereses. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observación sistemática. - Cuestionario inicial individual. - Diario de observación del profesor sobre el interés, la participación y la implicación en las distintas tareas.
<i>Construcción del conocimiento.</i> <i>Aplicación y generalización del conocimiento.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Evolución del aprendizaje del alumnado - Implicación e interés del alumnado 	<ul style="list-style-type: none"> - Observación sistemática. - Cuaderno de trabajo del alumno. - Producciones de los estudiantes: informe escrito de investigación. - Diario de observación del profesor sobre el interés, la participación y la implicación en las distintas tareas.
<i>Síntesis y recapitulación.</i> <i>Reflexión sobre el aprendizaje y evaluación.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de aprendizajes. - Implicación e intereses. - ¿Qué les ha parecido? - Grado de desempeño de competencias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observación sistemática. - Cuaderno de trabajo del alumno. - Diario de observación del profesor sobre el interés, la participación y la implicación en las distintas actividades. - Cuestionario de valoración de la unidad. - Prueba escrita de evaluación al finalizar la unidad.

Tabla 5.11. Aspectos objeto de evaluación e instrumentos utilizados en cada una de las fases de la secuencia didáctica.

Seguidamente, y por su interés, se comentan algunas de estos instrumentos de evaluación del aprendizaje. Debemos recordar que tales instrumentos son utilizados, además, como instrumentos para la recogida de información durante el desarrollo de la investigación, tal como se comentó en el marco metodológico (capítulo III).

El cuestionario inicial

Para obtener información acerca de los hábitos de consumo de agua de bebida embotellada de los estudiantes participantes, así como para poner de manifiesto las ideas y creencias asociadas con este consumo se utiliza una versión corta y adaptada del cuestionario de preguntas abiertas y cerradas (el cuestionario puede consultarse en anexo IIB a esta memoria de tesis) ya utilizado para este mismo fin con estudiantes de primer curso de Magisterio (Blanco y Rodríguez Mora, 2008).

Con el cuestionario se pretende también conocer las razones que manifiestan los estudiantes para consumir o no agua de bebida embotellada, catalogar las posibles diferencias, que en su opinión, existen entre esta y el agua de la red de abastecimiento público (agua del grifo), y finalmente, conocer su opinión y valoración acerca de la presencia de “cal” en el agua de bebida y sus posibles efectos sobre la salud del consumidor.

El cuaderno de trabajo del alumno

El análisis del cuaderno del alumno, donde este recoge sus respuestas a las cuestiones planteadas e ideas sobre el problema, nos debe permitir evaluar la adecuación científica de las respuestas, la implicación del alumnado en las tareas, así como la capacidad para sintetizar diferentes informaciones, por lo que engloba los cuatro criterios de evaluación antes mencionados.

El análisis de las respuestas a las diferentes actividades individuales planteadas en el cuaderno de trabajo se puede utilizar para evaluar de forma real la evolución del proceso de aprendizaje de los estudiantes, así como realizar un seguimiento de su trabajo diario. En cierta medida, nos debe permitir valorar también el interés con las cuestiones relacionadas con el contexto del agua de bebida.

Informe escrito del trabajo de investigación

Los estudiantes, trabajando en pequeño grupo, deberán realizar un trabajo de investigación y darlo a conocer en una breve exposición oral al resto de la clase. Se pretende con ello que el estudiante elabore una respuesta fundamentada en datos y pruebas con respecto a las siguientes tres situaciones relacionadas con el contexto del consumo de agua de bebida embotellada:

- a) ¿Por qué se suele decir que el agua del grifo tiene peor sabor que el agua embotellada?
- b) ¿Tiene “cal” el agua embotellada?

c) ¿Es más sana el agua embotellada que el agua del grifo?

Para responder a las distintas situaciones planteadas el alumnado podrá consultar una serie de recursos en la web seleccionados por el profesor. Los resultados y conclusiones de la investigación se presentarán en el correspondiente informe escrito, en el que se debía indicar los responsables de las páginas web consultadas y el grado de fiabilidad de las mismas según un baremo previamente acordado con ellos. El análisis de su contenido y presentación debe proporcionar evidencias del grado en que los estudiantes pueden sintetizar informaciones diversas sobre el problema y darlas a conocer en diferentes formatos, así como valorar la capacidad de argumentar utilizando datos y pruebas.

Prueba escrita de evaluación

En el marco teórico de esta investigación (capítulo II) se justificó el uso de este instrumento “clásico” en la valoración de competencias –aunque con los ajustes y cambios necesarios–, pues el profesorado sigue manteniendo las pruebas escritas como medio principal para la evaluación de los estudiantes (Moreno Olivos, 2011).

Desde esta premisa se ha establecido la utilización de una prueba escrita de evaluación como uno de los instrumentos de recogida de datos para verificar el logro de los objetivos didácticos establecidos en la secuencia didáctica, así como para la valoración del grado de desempeño de competencias científicas por parte de los estudiantes. El proceso de diseño y elaboración de esta prueba específica, así como su implementación y análisis de los resultados obtenidos serán objeto de atención específica en el capítulo VII (epígrafe 7.1).

5.2.2. Preparando la SEA para su tratamiento en el aula

Elaborada y estructurada la secuencia didáctica en base al modelo de planificación presentado, debemos abordar ahora cómo presentar las distintas actividades a los estudiantes y algunos aspectos concretos para su desarrollo en el aula.

Organizando la secuencia de actividades en tareas de enseñanza–aprendizaje

Conforme se acordó en los estudios preliminares (capítulo IV) para la implementación de la versión final de la SEA en el aula se decidió agrupar y organizar las actividades de enseñanza en tareas, término que se utiliza frecuentemente en el contexto educativo y que manejan habitualmente los estudiantes. En esta propuesta “las tareas” deben entenderse como un conjunto de actividades relacionadas entre sí con el fin de resolver los distintos interrogantes planteados, y que paralelamente permiten adquirir y desarrollar los contenidos propuestos.

En la tabla 5.12 se indica la distribución de las actividades de la secuencia en las siete tareas que integran la unidad.

TAREAS DE LA SECUENCIA	ACTIVIDADES POR TAREAS	INTERROGANTES QUE SE ABORDAN
Introducción. ¿Por qué es importante plantearse esta cuestión?	A.0.1	¿Por qué es importante plantearse el tema del consumo de agua de bebida embotellada?
Tarea 1. ¿Cuáles son tus ideas sobre el agua embotellada?	A.1.1 y A.1.2	¿Cuáles son para ti las diferencias entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo? ¿Cuáles son tus razones para consumir agua de bebida embotellada?
	A.1.3 y A.1.4	¿Cuáles de estas ideas pueden ser científicamente contrastadas?
Tarea 2. ¿Qué es el agua embotellada?	A.2.1 – A.2.9	¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?
Tarea 3. ¿Dónde está la sal?	A.3.1 – A.3.7	
Tarea 4. ¿Cómo se expresa la composición de una disolución?	A.4.1 – A.4.5	
Tarea 5. ¿Qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo?	A.5.1 – A.5.3	¿Qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo?
Tarea 6. ¿Por qué bebemos agua embotellada?	A.6.1 – A.6.3 Informes de investigación	¿Por qué bebemos agua embotellada?
Tarea 7. Síntesis y recapitulación.	A.7.1	¿Qué ventajas e inconvenientes presenta el consumo de agua de grifo y el de agua embotellada?
	A.7.2	¿Es necesario consumir agua embotellada? ¿Es mejor que la del grifo? ¿
	Cuestionario valoración	¿Qué he aprendido sobre el tema? ¿Qué me ha parecido esta forma de trabajar en el aula?
Prueba escrita de evaluación.		

Tabla 5.12. Tareas de la SEA, actividades e interrogantes organizadores.

A lo largo del capítulo VI, donde presentaremos el informe detallado de la implementación y desarrollo de la puesta en práctica de la versión final de esta secuencia didáctica, puede consultarse de manera más detallada la descripción y finalidad de cada tarea propuesta y los objetivos didácticos formulados para cada una de las actividades que la integran, con indicación de la estrategia didáctica sugerida para su tratamiento en aula.

Opinamos que la secuencia de actividades, elaborada y presentada en la etapa 5 del proceso de diseño, ofrece a los estudiantes actuar en diferentes grados de dificultad a través de una variada gama de actividades de enseñanza-aprendizaje como exposiciones del profesor, trabajos en pequeño grupo, puestas en común, experiencias de cátedra, ejerci-

cios de aplicación, lecturas de textos, utilización de medios audiovisuales, manejo de las TIC, tareas para casa, etc.

Presentando la SEA a los estudiantes: el cuaderno de trabajo

Partiendo de la finalidad de cada una de las tareas propuestas se procedió a plantear la “forma final” de las actividades programadas en la secuencia para su presentación definitiva al alumnado, conformando de esta manera el cuaderno de trabajo. Para el diseño final de estas actividades, tal como debían de realizarlas los estudiantes, nos fundamentamos, de manera importante, en la literatura consultada acerca de las dificultades de aprendizaje, así como en nuestra experiencia acumulada de los estudios preliminares en relación al: tratamiento de los contenidos, progresión en su dificultad, coherencia interna e interconexión de las actividades, tipo de lenguaje a utilizar, etc. En la figura 5.7 se muestra un ejemplo particular de este proceso de diseño y adaptación.

A.3.7. Identificar las variables que propone un modelo científico para explicar cómo y por qué se disuelve la sal común en el agua, a partir de la lectura de un texto. Visualización de animaciones, puesta en común y clarificación de ideas confusas (I3/I2).

A.3.7. Lee el siguiente texto y contesta a las cuestiones planteadas.

¿Cómo y por qué se produce la disolución de la sal?

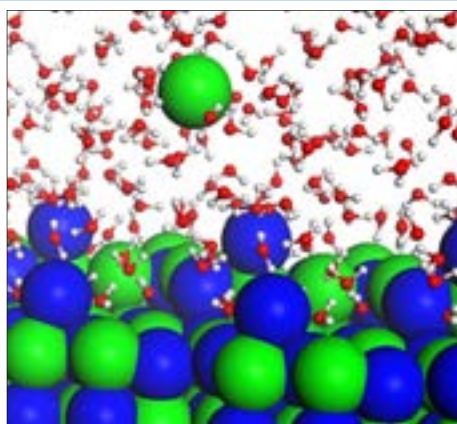
En la sal sólida sus partículas están oscilando. Al entrar en contacto con el agua, cuyas moléculas se mueven más libremente, estas y las partículas de la superficie del cristal de sal se atraen con mayor intensidad que las partículas de sal entre y sí las de agua entre sí.

El resultado es que las partículas de sal “son arrancadas” y se van separando de las que están a su alrededor. Una vez que las partículas de sal están fuera del cristal son rodeadas completamente por las moléculas de agua y se difunden por todo el volumen de agua obteniéndose así una distribución uniforme y estable de partículas de sal y agua mientras no se cambien las condiciones.

Modelo basado en las atracciones entre partículas para explicar la disolución de la sal común en agua líquida.

Puedes observar una animación del proceso si haces clic [aquí](#). Se está produciendo la mezcla de la sal (solute) y el agua (disolvente) a nivel molecular.

Podemos hacer uso de un lenguaje más técnico y explicar el anterior proceso utilizando el concepto de interacción entre las partículas: la atracción entre las partículas de agua y sal son suficientemente fuertes como para superar la atracción entre las partículas de sal en el cristal.



- a) ¿Qué variables utiliza el modelo expuesto en el texto para explicar la disolución de la sal común en el agua?

Figura 5.7. Ejemplo de actividad en la versión final de la SEA.

El cuaderno de trabajo elaborado fue presentado en el aula en un doble formato: en un formato clásico en papel y en un formato más novedoso como unidad web (figuras 5.8 y 5.9, respectivamente) para la integración de la TICs (Rodríguez Mora, Blanco y Rueda, 2011). El cuaderno de trabajo en formato clásico, que puede consultarse completo en el anexo IVC, se maquetoó convenientemente para que recogiera todas las respuestas de los estudiantes, quedando de esta forma documentada la actividad desarrollada, y consti-

tuyéndose en una importante herramienta para el análisis y valoración del trabajo llevado a cabo en el aula.



Figura 5.8. Cuaderno de trabajo de los estudiantes.



Figura 5.9. Cuaderno de trabajo de los estudiantes en formato web.

Temporalización prevista

Basándonos en la implementación y desarrollo de las versiones previas de la SEA (véase capítulo IV), se estima que son necesarias 11 sesiones de clase de una hora de duración para el desarrollo de la versión final de la secuencia didáctica en el aula, más una sesión adicional para la administración de la prueba escrita de evaluación. En la tabla 5.13 se propone una distribución del contenido de las sesiones de clase.

SESIÓN	TAREAS PREVISTAS	ACTIVIDADES PREVISTAS
Sesión 1.	INTRODUCCIÓN.	A.0.1
	TAREA 1.	A.1.1 – A.1.4
Sesión 2.	TAREA 2.	A.2.1 – A.2.4
Sesión 3.	TAREA 2 (cont.).	A.2.5 – A.2.9
Sesión 4.	TAREA 3.	A.3.1 – A.3.4
Sesión 5.	TAREA 3 (cont.).	A.3.5 – A.3.7
Sesión 6.	TAREA 4.	A.4.1 – A.4.3
Sesión 7.	TAREA 4 (cont.).	A.4.4 – A.4.5
Sesión 8.	TAREA 5.	A.5.1 – A.5.3
Sesión 9.	TAREA 6.	A.6.1 – A.6.3
Sesión 10.	TAREA 6 (cont.).	Informes de Investigación.
Sesión 11.	TAREA 7.	A.7.1 y A.7.2
	Cuestionario de valoración.	
PRUEBA ESCRITA DE EVALUACIÓN.		

Tabla 5.13. Temporalización prevista para la implementación de la SEA en el aula.

Recursos previstos

Los recursos y materiales previstos que requiere la puesta en práctica de esta secuencia didáctica cabe agruparlos en tres tipos:

- Los materiales destinados al alumnado (cuaderno de trabajo) en formato clásico o en formato web.
- Los materiales necesarios para la preparación de las experiencias prácticas (mechero Bunsen, papel de filtro, embudos, vasos de precipitados, varillas, etc.).
- Los recursos TIC (equipos informáticos, enlaces web, visualizaciones animadas, vídeo, etc.).

Finalmente, indicar que sería deseable desarrollar la experiencia educativa en aulas de clase que permitieran la agrupación flexible del alumnado, en coherencia con las actividades planteadas.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

CAPÍTULO 6

IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

- 6.1. La puesta en práctica: consideraciones generales.**
- 6.2. Desarrollo y seguimiento de la secuencia didáctica en el aula. El informe de la puesta en práctica.**
- 6.3. Adecuación de la puesta en práctica al diseño de la secuencia.**



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

En el capítulo V se ha presentado el fundamento del diseño de la versión final de la secuencia didáctica *¿Es necesario consumir agua embotellada?*, el proceso para su elaboración y, finalmente, el resultado final obtenido, así como su organización y preparación para el trabajo con los estudiantes.

En el presente capítulo se recoge y analiza el seguimiento de la implementación de la secuencia, esto es, el proceso de puesta en práctica y de recogida de datos sobre cómo se ha desarrollado la intervención educativa en el aula, quedando el capítulo estructurado en tres apartados.

En el primero se presenta el escenario y los aspectos generales que enmarcan la puesta en práctica, así como los requisitos necesarios para su adecuado desarrollo en el aula.

En el segundo apartado nos centraremos en mostrar las situaciones más relevantes o de mayor interés observadas durante la intervención real en el aula. De esta manera, se procederá a describir y analizar de forma detallada las actuaciones del profesor y de los estudiantes, sus reacciones, impresiones y comentarios durante la realización de las tareas propuestas en cada una de las sesiones de la SEA, resultando de este proceso un extenso informe sobre la puesta en práctica. Este informe será un instrumento de suma importancia para la valoración de nuestra propuesta didáctica sobre el consumo de agua de bebida envasada, tal como se presentará en el próximo capítulo.

Para finalizar, en el último apartado se presentarán algunas consideraciones sobre si el desarrollo de la secuencia didáctica en el aula se ha adecuado al diseño presentado, con la intención de obtener datos de mejora, tanto del propio diseño como de su puesta en práctica, para futuras reelaboraciones, iteración que forma parte de los llamados estudios de diseño, enfoque metodológico que fundamenta el proceso investigativo llevado a cabo.

De igual manera, con el desarrollo de este capítulo trataremos de abordar la tercera de las preguntas formuladas en esta investigación (capítulo III): ***¿Qué sucede cuando se implementa la versión final de la secuencia didáctica en el aula? (Pregunta C).***

6.1. LA PUESTA EN PRÁCTICA: CONSIDERACIONES GENERALES

En este primer apartado se describe el contexto general en el que se llevó a cabo la intervención educativa: presentaremos el centro y el grupo de estudiantes participantes, detallaremos su temporalización, así como el conjunto de variables espacio-temporales de mayor interés para interpretar adecuadamente el desarrollo de la secuencia didáctica, tal como se llevó a cabo en las circunstancias específicas del aula de clase. Es importante recordar que la investigación educativa que se presenta en este trabajo de tesis se apoya, en parte, en el marco metodológico de los denominados estudios de caso con la intención de comprender en profundidad los procesos educativos implicados durante el desarrollo de la experiencia educativa.

6.1.1. Características del centro educativo y del alumnado participante

La versión final de la propuesta didáctica diseñada –descrita en el capítulo anterior–, se llevó a la práctica en el centro educativo donde trabaja el autor de esta investigación. Nos estamos refiriendo al Instituto de Educación Secundaria (IES) Luis Barahona de Soto, ubicado en Archidona, en la comarca nororiental de la provincia de Málaga (figura 6.1), un centro público de tipología rural enclavado en un entorno socio-cultural que podemos considerar como medio-bajo.



Figura 6.1. IES Luis Barahona de Soto (Archidona, Málaga).

Se trata de un centro de enseñanza centenario, pues su origen se remonta al año 1757 con la fundación en Archidona, ese mismo año, de la Escuelas Pías de los Padres Escolapios. Desde septiembre de 1954 lleva la denominación del poeta lucense de la segunda mitad del siglo XVI, médico y regidor de Archidona, con el que hoy es conocido. Comienza esta nueva andadura educativa impartiendo las enseñanzas correspondientes al Bachillerato Laboral.

Por su antigüedad el edificio donde se ubica el centro tiene carácter histórico singular, como lo atestigua el hecho de pertenecer al selecto grupo de centros de enseñanza que integra el programa educativo *Rutas del Patrimonio Educativo de Andalucía, Institutos con Historia*, que desarrolla anualmente la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.

En el momento de la experiencia que aquí se presenta el IES Luis Barahona de Soto impartía enseñanzas de Educación Secundaria Obligatoria y Posobligatoria (ESO y Bachillerato), acogiendo a alumnos y alumnas de la comarca nororiental de Málaga, y más concretamente, de las localidades de Archidona, Villanueva de Tapia, Villanueva del Trabuco y Villanueva del Rosario.

La secuencia didáctica sobre el consumo de agua de bebida embotellada, objeto de atención de esta memoria de tesis, se experimentó en la materia de Física y Química en el tercer curso de ESO, llevándose a la práctica durante el mes de mayo, y los primeros días del mes de junio, del curso escolar 2011/2012. Participaron en la misma los 25 estudiantes (21 chicas y 4 chicos) que formaban el grupo 3º ESO A, donde impartía clase de Física y Química el docente autor de esta investigación.

El grupo acogía a estudiantes con edades de 14 y 15 años y con niveles distintos en cuanto a conocimientos y expectativas. De la misma manera, existía una cierta heterogeneidad en cuanto al rendimiento académico observado hasta el momento de la implementación: mientras que siete estudiantes presentaban un rendimiento académico excelente o muy bueno, y mostraban bastante interés por participar en las actividades de clase, en el otro extremo, tres estudiantes revelaban un claro perfil de abandono escolar. Los 15 estudiantes restantes conformaban un tercer grupo que presentaba un rendimiento académico medio-bajo, así como una cierta pasividad hacia las tareas escolares convencionales propuestas en el aula de Física y Química.

Ante las indagaciones realizadas por el profesor el grupo no mostró demasiado “entusiasmo” por continuar su formación futura en un itinerario científico, salvo excepción de unos pocos estudiantes, los más aventajados académicamente, que se mostraron especialmente interesados por avanzar en el estudio de las materias de ciencias. Por último, recordar que era la primera vez que el grupo de estudiantes participantes trabajaba en el aula con un enfoque competencial basado en contextos de la vida diaria.

6.1.2. Desarrollo temporal de la secuencia didáctica en el aula

Para la puesta en práctica de la versión final de la SEA se necesitaron trece sesiones lectivas de una hora de duración, más una sesión adicional para realizar la prueba de evaluación escrita. En la tabla 6.1 se presenta la temporalización real con indicación de las tareas de la secuencia y los interrogantes organizadores que se abordaron en cada una de las sesiones con los estudiantes participantes.

SESIÓN	TAREAS DESARROLLADAS	ACTIVIDADES REALIZADAS	INTERROGANTES PLANTEADOS
Sesión 1 Miércoles 02/05/12	INTRODUCCIÓN	A.0.1	<i>¿Por qué es importante plantearse el consumo de agua de bebida embotellada?</i>
	TAREA 1	A.1.1 y A.1.2	<i>¿Cuáles son para ti las diferencias entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo?</i> <i>¿Cuáles son tus razones para consumir agua de bebida embotellada?</i>
		A.1.3 y A.1.4	<i>¿Cuáles de estas ideas pueden ser científicamente contrastadas?</i>
Sesión 2 Jueves 03/05/12	TAREA 2 (inicio)	A.1.3 (revisión)	<i>¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?</i>
		A.2.1 – A.2.4	
Sesión 3 Martes 8/05/12	TAREA 2 (cont.)	A.2.5 – A.2.8	
Sesión 4 Miércoles 09/05/12	TAREA 2 (fin)	A.2.8 (cont.) A.2.9	
	TAREA 3 (inicio)	A.3.1 – A.3.3	
Sesión 5 Viernes 11/05/12	TAREA 3 (cont.)	A.3.4 – A.3.7	
Sesión 6 Miércoles 16/05/12	TAREA 3 (fin)	A.3.7 (cont.)	
	TAREA 4 (inicio)	A.4.1 – A.4.3	
Sesión 7 Jueves 17/05/12	TAREA 4 (cont.)	A.4.4 y A.4.5	<i>¿Qué diferencias hay entre el agua del grifo y el agua embotellada?</i>
	TAREA 5 (inicio)	A.5.1	
Sesión 8 Miércoles 23/05/12	TAREA 5 (cont.)	A.5.1 (cont.) A.5.2	
Sesión 9 Jueves 24/05/12	TAREA 5 (fin)	A.5.2 (cont.) A.5.3	
Sesión 10 Jueves 24/05/12	TAREA 6 (inicio)	A.6.1 – A.6.2	<i>¿Por qué bebemos agua embotellada?</i>
Sesión 11 Miércoles 30/05/12	TAREA 6 (cont.)	A.6.3 – A.6.5	
Sesión 12 Jueves 31/05/12	TAREA 6 (fin)	Informes de investigación	
Sesión 13 Martes 05/06/12	TAREA 7	A.7.1	<i>¿Qué ventajas e inconvenientes presenta el consumo de agua de grifo y el de agua embotellada?</i>
		A.7.2	<i>¿Es necesario consumir agua embotellada? ¿Es mejor que la del grifo?</i>
		Cuestionario de valoración	<i>¿Qué he aprendido sobre el tema?</i> <i>¿Qué me ha parecido esta forma de trabajar en el aula?</i>
Viernes 15/06/12	PRUEBA ESCRITA DE EVALUACIÓN		

Tabla 6.1. Temporalización y desarrollo en el aula de la versión final de la secuencia didáctica.

A pesar de los intentos por cumplir la planificación original, estimada en once sesiones como se indicó durante el diseño de la secuencia (capítulo V), desde las primeras sesiones la intervención en el aula comenzó a alejarse de la planificación dispuesta. Así, la realidad del aula y las particularidades observadas obligaron a una adaptación del desarrollo temporal que implicó un aumento de dos sesiones respecto a las inicialmente previstas, resultando un total de trece tal como se ha apuntado en la tabla 6.1, aunque opinamos que el retraso acumulado no fue excesivo. En cualquier caso, las razones y circunstancias que dieron lugar a esta desviación serán debidamente documentadas en la descripción del desarrollo de las sesiones.

6.1.3. Otros aspectos en el desarrollo de la secuencia didáctica

Seguidamente analizamos algunos elementos de interés, relacionados con la organización de espacios y tiempos, para comprender adecuadamente el escenario en el que se desarrolla la implementación de la versión final de nuestra SEA.

Marco horario

En relación a los tramos horarios utilizados ocho de las sesiones de clase se desarrollaron durante la hora lectiva asignada a la materia de Física y Química (08:15 h a 09:15 h, es decir, primera hora lectiva de la jornada escolar). Sin embargo, debido a determinados aspectos sobrevenidos y ajenos al desarrollo de la experiencia, las restantes cinco sesiones tuvieron que desarrollarse en periodos lectivos correspondientes a otras materias del curso (Inglés, Lengua Castellana y Literatura y Ciencias Sociales, Geografía e Historia), por lo que el profesor solicitó el correspondiente permiso a varios compañeros y compañeras de trabajo quienes prestaron desinteresadamente su colaboración.

Estas cinco sesiones tuvieron lugar en el tramo horario comprendido entre las 12:45 h y 14:45 h. No se observaron grandes diferencias en el rendimiento del grupo al cambiar de tramo horario, aunque el comportamiento de los estudiantes empeoró ligeramente respecto al observado en las sesiones que se desarrollaron durante las primeras horas de la jornada. De igual manera, se evidenció una peor actitud y un mayor desinterés hacia las tareas propuestas en aquellas sesiones que coincidieron con la última hora lectiva de la mañana, y que podría entenderse en relación al cansancio acumulado por las horas continuadas de clase.

El comportamiento general del grupo durante la intervención, salvo excepciones puntuales como ya se ha apuntado, fue bastante buena situación a la que contribuyó, en opinión del profesor, la presencia de observadores externos en algunas sesiones, así como la grabación en vídeo de las clases. En definitiva, el ambiente de trabajo fue adecuado y el grupo, en términos generales, se mostró colaborador con las diferentes tareas que planteaba el profesor.

Espacios y recursos materiales

En relación a los espacios utilizados buena parte de las sesiones transcurrieron en el aula ordinaria de clase. Sin embargo, la sesión inicial y algunas de las sesiones finales se desarrollaron en el Aula de Usos Múltiples para que el grupo contara con el apoyo de una pizarra digital interactiva (PDI) y de equipos multimedia, mientras que las experiencias de cátedra tuvieron lugar en el Laboratorio de Química.

Debemos hacer constar que si bien el aula ordinaria del grupo es un aula TIC dotada de ordenadores de sobremesa (uno para cada par de alumnos), durante el desarrollo de la secuencia se pudieron utilizar muy poco por los continuos problemas técnicos y de conectividad aparecidos. Esta situación sobrevenida implicó que apenas se pudiera hacer uso de la secuencia en formato web. No obstante, cuando fue necesaria la consulta de la web los estudiantes tuvieron acceso a los ordenadores portátiles de la dotación TIC del centro (en este caso uno por alumno), aunque igualmente surgieron importantes problemas de conectividad.

En cuanto a la organización del aula el tipo de mobiliario presente condicionó la posibilidad de agrupamiento de los estudiantes. El aula ordinaria de clase, al ser un aula “tipo TIC”, solo disponía de grandes mesas fijas al suelo que no favorecía el trabajo en pequeños grupos o agrupamientos más flexibles. Por tal motivo, mientras el grupo permaneció en el aula ordinaria de clase, y de acuerdo con el tipo de tarea a desarrollar, se optó por trabajar preferentemente en gran grupo, bien de forma individual o formando parejas. Por el contrario, en algunas de las sesiones que se desarrollaron en el Aula de Usos Múltiples se optó por dividir la clase en pequeños grupos de trabajo (con un máximo de cinco estudiantes) para desarrollar las tareas planteadas. Como se verá más adelante el profesor prefirió no intervenir en la formación de estos pequeños grupos, formándose normalmente por afinidad entre los participantes.

Días antes de comenzar la implementación el autor de este trabajo informó a los estudiantes de los que se pretendía, indicándoles que iban a ser partícipes en un proyecto de investigación educativa (COMPCIEN 10-16) en colaboración con la Universidad de Málaga, lo que levantó cierto revuelo y expectación, captando de forma inmediata el interés de la mayoría de los estudiantes, que comenzaron a preguntar por multitud de detalles sobre lo que se iba a hacer.

El profesor aprovechó este entusiasmo inicial para detallar la finalidad de la propuesta educativa y su temática, informándoles de que utilizarían una metodología diferente a la que se venía utilizando en clase. Igualmente, puso de manifiesto el importante protagonismo que les correspondía e instó al grupo a que colaborara con las tareas y actividades para el adecuado desarrollo de la experiencia. Asimismo, les informó de que las sesiones de clase iban a ser grabadas en vídeo por un observador externo, lo que levantó algunas protestas por partes de algunos estudiantes que fueron atendidas y debidamente aclarada su necesidad por parte del profesor.

En todas las sesiones estuvo presente el autor de esta tesis, profesor de la materia de Física y Química, desempeñando además el rol de investigador a modo de observador participante.

6.2. DESARROLLO Y SEGUIMIENTO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA EN EL AULA. EL INFORME DE LA PUESTA EN PRÁCTICA

Para realizar el seguimiento, descripción y análisis de la puesta en práctica hemos utilizado la información recogida por el conjunto de instrumentos de primer orden que ya fueron indicados en el marco metodológico de esta investigación (capítulo III). No obstante, estimamos oportuno dedicar unos breves párrafos a recordar algunos aspectos de interés en relación a la utilización de estos instrumentos para el seguimiento.

De acuerdo con los propósitos de esta investigación, como instrumento principal para la obtención de información sobre el desarrollo de la intervención didáctica se recurrió a la grabación en vídeo, aunque asumiendo “el peligro metodológico” que conlleva el manejo del exceso de datos de un vídeo (Seidel, Prenzel y Hoffman, 2001). De esta manera, se convino con el grupo en grabar cada una de las sesiones de clase, bien por un observador externo, miembro del proyecto de investigación COMPCIEN 10-16 enviado a tal fin por la Universidad de Málaga, o en su ausencia, por el profesor autor de este trabajo.

Al respecto, se obtuvieron las pertinentes autorizaciones escritas de los participantes y se informó debidamente sobre la experiencia a las respectivas familias. El contenido de estas grabaciones fue minuciosamente analizado e interpretado por el autor para apoyar y justificar la descripción que se realiza de cada sesión y de las situaciones más relevantes que en ella ocurren.

Para complementar la recolección de datos en soporte audiovisual el docente llevó un registro escrito de observación del desarrollo de las sesiones, conformando el diario del profesor investigador (disponible en el anexo IIIC a esta memoria de tesis), donde quedaron recogidas circunstancias generales de organización, así como distintos aspectos del desarrollo de la secuencia didáctica y de la dinámica de la clase en relación con las distintas tareas desarrolladas (conductas, implicación y grado de participación, comentarios de los estudiantes, etc.), narrados desde el punto de vista del profesor. Igualmente, recordamos que la confección de este diario se basó, principalmente, en las recomendaciones de autores como Porlán y Martín (1999) y Pro (2011b).

Otro documento básico para la descripción de las sesiones de clase lo constituye las producciones de los alumnos, y de manera particular el cuaderno de trabajo. Como se indicó en el capítulo V (sobre el diseño final de la secuencia didáctica), el cuaderno de trabajo se estructuró convenientemente para que recogiera todas las respuestas de los estudiantes, quedando de esta forma documentada la actividad desarrollada y constituyéndose en una importante herramienta para el análisis y valoración del trabajo desarrollado en el aula.

Finalmente, y a partir de los instrumentos señalados, se elabora el informe de la puesta en práctica de la versión final de la SEA el cual contiene tanto la descripción detallada de las trece sesiones de clase que fueron necesarias para su implementación, como valoraciones y análisis sobre su desarrollo. El relato de las situaciones observadas en el aula está realizado por el propio profesor participante quien explica lo que acontece utilizando un estilo indirecto, a modo de “observador externo” que ordena, encadena, segmenta y describe los sucesos y particularidades que observa en el aula. Para la narración de los acontecimientos observados durante la experiencia educativa se ha optado, fundamentalmente, por el uso de formas verbales en tiempo presente para dotarla de un mayor dinamismo y claridad expositiva.

Seguidamente, procederemos a la descripción pormenorizada de cada una de las sesiones de la puesta en práctica. Con el objeto de facilitar su seguimiento cada una de estas sesiones se presentará estructurada en dos partes. En la primera aparece una sinopsis general de su contenido: tareas, actividades realizadas, estrategias didácticas utilizadas, contribución de cada actividad al fomento de las competencias científicas, etc. En una segunda parte se procederá a una descripción exhaustiva y pormenorizada de cómo se desarrollaron estas actividades durante la sesión y de las distintas situaciones observadas, con algunas valoraciones y comentarios del propio profesor observador. Como podrá observarse a lo largo de la puesta en práctica el tratamiento de la lectura, en sus diferentes modalidades, como instrumento de aprendizaje y la expresión oral van a constituir una parte importante del desarrollo en el aula de la secuencia de actividades.

6.2.1. Sesión 1

Contenido de la sesión

Miércoles, 2 mayo de 2012	11:45 h – 12:45 h	Aula de Usos Múltiples	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 1			
INTRODUCCIÓN: ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE PLANTEARSE ESTA CUESTIÓN?			
Interrogante abordado: ¿Por qué es importante plantearse el consumo de agua de bebida embotellada?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC ^(*)
A.0.1. Para captar el interés de los estudiantes el profesor, apoyándose en una presentación de diapositivas, muestra diferentes vertientes asociadas al consumo de agua embotellada. Justificación del tema	Explicación del profesor apoyada con TIC. Lectura en gran grupo.	<ul style="list-style-type: none">– Tomar conciencia de las distintas dimensiones implicadas en el consumo de agua de bebida embotellada.– Entender la cultura del agua embotellada como fenómeno social con múltiples debates asociados.	----
TAREA 1: ¿CUÁLES SON TUS IDEAS SOBRE EL AGUA EMBOTELLADA?			
Interrogantes abordados: ¿Cuáles son para ti las diferencias entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo? ¿Cuáles son tus razones para consumir agua de bebida embotellada?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC ^(*)
A.1.1. Complimentación de un cuestionario para que los estudiantes pongan de manifiesto sus hábitos de consumo de agua embotellada y las razones por las que lo hacen.	Trabajo Individual.	<ul style="list-style-type: none">– Explicitar las ideas y creencias acerca del consumo de agua de bebida embotellada.	----
A.1.2. Puesta en común. A partir de las aportaciones del alumnado se confecciona un catálogo con las ideas y creencias más relevantes detectadas en relación con el consumo de agua de bebida embotellada.	Trabajo en gran grupo.	<ul style="list-style-type: none">– Identificar las ideas y creencias más relevantes sobre este tema.– Confeccionar un catálogo de ideas y creencias sobre el agua embotellada.	----
Interrogante abordado: ¿Cuáles de estas ideas pueden ser científicamente contrastadas?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC ^(*)
A.1.3. En relación con el catálogo anterior, identificación de ideas y creencias que pueden ser científicamente investigadas. Motivación para seguir aprendiendo.	Trabajo en gran grupo.	<ul style="list-style-type: none">– Analizar situaciones cotidianas.– Reconocer preguntas que pueden ser investigadas desde la ciencia (cuestiones científicas).	Identificación de cuestiones científicas. – II
A.1.4. El profesor pone de manifiesto la importancia del conocimiento científico para ayudar a conocer mejor el agua de bebida y tomar decisiones más fundamentadas sobre su consumo.	Explicación del profesor.	<ul style="list-style-type: none">– Valorar la importancia del conocimiento científico para mejorar y ampliar la comprensión del mundo donde vivimos.	----

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

En esta primera sesión de clase se desarrollan de forma completa la introducción y la tarea 1 de la secuencia, con un total de cinco actividades, que componen la primera de las fases contempladas para el desarrollo de la SEA (*orientación y explicitación de ideas previas*).

En la actividad de introducción el profesor presenta la secuencia didáctica objeto de esta experiencia y justifica por qué se ha elegido el contexto del “agua de bebida embotella-

da” para plantear la SEA. El resto de la clase se utiliza para el desarrollo de la tarea 1 en la que se exploran los hábitos de consumo de agua de bebida embotellada y las ideas y creencias que los estudiantes manifiestan sobre este consumo, a la vez que se trata de confrontar algunas de estas creencias desde el punto de vista de la ciencia.

La sesión tiene lugar en el Aula de Usos Múltiples para contar con el apoyo de los recursos audiovisuales necesarios para su correcto desarrollo.

Descripción de la sesión

El profesor comienza la clase recordando a los estudiantes que durante los próximos días se va a llevar a la práctica una experiencia de innovación educativa en colaboración con la Universidad de Málaga, tal como ya adelantó la semana pasada, y les pide su colaboración y ayuda para que esta experiencia se desarrolle de la mejor manera posible.

Les informa que la experiencia educativa va a consistir en el desarrollo de una unidad didáctica que utiliza distintos aspectos relacionados con el consumo de agua de bebida embotellada como eje para desarrollar contenidos de ciencia, y en particular, de química: *«vamos a estudiar química pero lo vamos a hacer de forma diferente a como lo venimos haciendo en el aula»*.

El docente insiste en que además de desarrollar contenidos de química –relacionados con el aprendizaje de las disoluciones–, se pretende también que los estudiantes aprendan sobre el contexto del agua de bebida, como por ejemplo, qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo.

La propuesta educativa que se presenta lleva por título *¿Es necesario consumir agua embotellada? (Conociendo el agua que bebes)*. El profesor reparte los cuadernillos de trabajo y pide a los estudiantes que consulten el índice para presentarles una panorámica de las siete tareas que componen la unidad didáctica. Les comenta que toda la información contenida en el cuadernillo también se encuentra disponible en formato web, por lo que ambos formatos se utilizarán indistintamente.

«Con la presencia de la cámara y de observadores externos el grupo parece algo desorientado. Para dar una visión de conjunto de la unidad y de las actividades hemos leído y repasado el índice. No ha habido preguntas sobre esto ni han manifestado curiosidad sobre lo que vamos a estudiar aunque tampoco se han quejado. Tenía previsto haber sondeado la opinión de los estudiantes pero algo agobiado por cumplir con lo previsto se me ha olvidado hacerlo».

(Diario del profesor observador)

Tras estos minutos de toma de contacto, el profesor presenta la primera actividad de la secuencia, actividad A.0.1, con la que se pretende centrar la atención del grupo, a la vez que se plantea la importancia social del tema elegido (figura 6.2).

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE PLANTEARSE ESTA CUESTIÓN?

A.0.1. A continuación vas a ver una serie de imágenes con distintos aspectos de interés sobre el agua que bebes.



Necesitas beber agua. Para muchas personas el agua corriente, del grifo, es la mejor opción. Un informe técnico del Ministerio de Sanidad del año 2010⁽¹⁾ revela que el agua del grifo de la mayoría de las poblaciones españolas es de buena calidad y su consumo no plantea ningún tipo de riesgo para la salud.

Pero esto no parece ser suficiente y no todo el mundo bebe agua del grifo. Mucha gente se decide por tomar agua de bebida envasada a pesar de ser, comparativamente, bastante más cara. Según datos de la Asociación Española de Aguas Envasadas (ANEAE)⁽²⁾, España es el tercer consumidor europeo de agua de bebida embotellada, sólo superada por Italia y Alemania, y este consumo no ha parado de crecer en los últimos años.

Fuente: (1) Disponible en <http://www.msc.es>; (2) www.aneae.es




A lo largo de esta unidad didáctica vamos a tratar de dar respuesta a las siguientes preguntas clave:

¿Es necesario consumir agua embotellada?

¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?

A lo mejor nunca te has planteado estas preguntas pero es importante ya que necesitas beber agua durante toda tu vida. Las tareas y actividades que te proponemos a continuación te permitirán conocer mejor el agua que bebes, ya sea del grifo o embotellada.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Elías López • mayo 2012 Página 3

Figura 6.2. La actividad que introduce la SEA sobre el consumo de agua embotellada.

Con ayuda del proyector digital el profesor enseña al grupo una presentación de diapositivas que contiene distintas imágenes relacionadas con el consumo de agua de bebida



embotellada, algunas de las cuales se muestran, a título de ejemplo, en la figura 6.3. A petición del docente los estudiantes colaboran leyendo la información que acompaña a las distintas imágenes, quien trata de dinamizar la clase realizando frecuentes preguntas acerca de su contenido: *¿a qué se refiere?*, *¿qué se ve?*, *¿con qué relacionáis esta diapositiva?*..., aunque pocos estudiantes participan en esta dinámica.



Figura 6.3. Algunas de las diapositivas utilizadas en la actividad A.0.1.

Además de la función motivadora de esta actividad, su utilidad principal es la de hacer más conscientes a los estudiantes de las posibles dimensiones que se pueden relacionar con la “cultura del agua embotellada” como fenómeno social. Las diapositivas que se muestran contienen imágenes que se eligen intencionalmente como representativas de algunas de estas dimensiones: su elevado consumo en continuo aumento año tras año, su mayor precio en comparación con la del grifo, su relación con el cuidado de la salud, presencia de “agresivas” campañas de marketing para el fomento del consumo, problemas medioambientales derivados de un consumo masivo, consumo ético, etc.

El profesor opina que es necesario que estas situaciones se hagan explícitas, las cuales muy posiblemente pasen desapercibidas para los estudiantes, ajenos a este tipo de dilemas ya que el agua embotellada forma parte de su vida cotidiana. De los diferentes aspectos sobre el agua embotellada que van surgiendo, el profesor registra una “especial reacción” del grupo (en forma de comentarios espontáneos) cuando, en relación con una de las diapositivas, comenta el precio que puede llegar a alcanzar algunas marcas de agua mineral, situación que el profesor registra en el diario de clase:

«Un comentario mío sobre el precio que puede alcanzar el “agua de lujo” (el agua de las estrellas) de la marca noruega VOSS, una de las más caras del mundo, les ha llamado bastante la atención, en particular, cuando les he dicho que hay rumores de que se trata en realidad de agua del grifo purificada. Es posible que este comentario les haya permitido ser más conscientes de la cantidad de aspectos que giran en torno al negocio del agua embotellada».

(Diario del profesor observador)

Para finalizar esta primera actividad el profesor pide al grupo que le ayude a realizar una síntesis de las distintas dimensiones que aparecen en la presentación, y plantea a los estudiantes cómo el conocimiento científico, y en particular de la química, les puede ayudar a conocer y valorar mejor estos aspectos para la toma de decisiones más fundamentadas.

En el siguiente extracto del diario de clase el profesor indica su percepción sobre el desarrollo de esta actividad:

«He ido guiando al grupo y creo que se ha entendido bien el propósito de la actividad, aunque los estudiantes parecen todavía algo desorientados».

«Se muestran colaboradores pero poco participativos cuando les pido que comenten lo que ven. He tratado de no expresar opinión alguna sobre el contenido de las diapositivas que pueda “inducir” al grupo; por el contrario, he insistido en que la finalidad de esta actividad no es convencerles “de que no beban agua embotellada”, sino de que conozcan mejor algunos aspectos que hay detrás de este producto».

(Diario del profesor observador)

Terminada la presentación de diapositivas el profesor solicita la colaboración de varios estudiantes para que lean en voz alta los párrafos de introducción que aparecen en la página 3 del cuadernillo. El profesor realiza frecuentes paradas y matiza o amplía la información más relevante. Terminada la lectura del texto ningún estudiante demanda una aclaración ni se realiza pregunta alguna, por lo que el profesor pregunta en varias ocasiones si se entiende lo leído, a lo que le contestan que *Sí*.

En esta breve lectura se plantea el dilema entre consumir agua del grifo o agua de bebida embotellada y se presentan las dos cuestiones clave de la unidad: *¿Es necesario consumir agua embotellada? ¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?* El profesor insiste en que el trabajo que se desarrollará en clase durante las próximas sesiones tendrá como finalidad tratar de “buscar respuestas” a estas dos preguntas.

Vuelve a solicitar la colaboración de los estudiantes para que lean en voz alta los objetivos que se pretenden con el desarrollo de la unidad didáctica, tras lo cual se da por concluida la actividad de introducción.

El profesor comienza con el desarrollo de la tarea 1, *¿Cuáles son tus ideas sobre el agua embotellada?*, explicando su finalidad: los estudiantes tienen que reflexionar sobre las razones por las que deciden consumir agua embotellada y evaluar si algunas de las ideas o creencias detectadas al respecto tiene validez científica, es decir, pueden ser contrastadas desde el punto de vista de la ciencia (figura 6.4). Siguiendo la misma dinámica anterior los estudiantes colaboran en la lectura de los párrafos y actividades que el profesor les va presentando.

El cuestionario que se utiliza para completar la actividad A.1.1 pretende, fundamentalmente, obtener información sobre hábitos de consumo, encontrar las razones por las que los estudiantes deciden consumir agua embotellada (algunas de las cuales serán posteriormente analizadas en la propia secuencia de manera más sistemática), así como poner de manifiesto qué diferencias encuentran entre el agua de bebida embotellada y el agua de la red pública de abastecimiento (agua del grifo).

TAREA 1: ¿CUÁLES SON TUS IDEAS SOBRE EL AGUA EMBOTELLADA?

En esta primera tarea queremos conocer tus hábitos de consumo de agua de bebida embotellada. Queremos conocer también lo que opinas y tus ideas y creencias sobre el agua embotellada. Para terminar indagaremos sobre cuáles de estas ideas y creencias pueden ser investigadas científicamente y cuáles no, y nos plantearemos qué conocimientos científicos son necesarios para ello.

A.1.1. Cuestionario.

Para conocer tus ideas sobre el tema del consumo de agua embotellada vas a completar un cuestionario. Lee las preguntas con atención y responde.

A.1.2. Puesta en común.

Ahora vamos a confeccionar un catálogo con las principales ideas que aparecen en el cuestionario sobre por qué consumimos agua de bebida embotellada.

NUESTRAS IDEAS Y CREENCIAS SOBRE EL AGUA EMBOTELLADA

El anterior catálogo contiene una serie de afirmaciones que expresan las opiniones, ideas y creencias que tenéis sobre el agua que bebemos embotellada. Este va a ser nuestro siguiente paso: de estas afirmaciones ¿cuáles pueden ser investigadas científicamente? Vamos a plantearnos esta pregunta en la siguiente actividad.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanco López - mayo 2012 Página 1

Figura 6.4. Tarea 1: ¿Cuáles son tus ideas sobre el agua embotellada?

«El cuestionario les ha llevado unos 5 minutos, aunque bastantes estudiantes han acabado demasiado rápido. He insistido en que hagan lo posible por contestar a todas las preguntas de la manera más completa».

(Diario del profesor observador)

A modo de ejemplo, en la figura 6.5 se muestra parte del cuestionario cumplimentado por el estudiante E03, en el que se observan referencias a la “cal” del agua del grifo como motivo para el consumo de agua embotellada¹.

¹ Las anotaciones y marcas sobre las respuestas de los estudiantes corresponden al profesor durante el proceso de análisis.

5.- ¿Cuáles son tus razones para consumir agua embotellada?

No tengo razones para hacerlo solo que los fines de semana cuando voy a casa de mi abuela bebo agua embotellada, pero no sé porque exactamente, creo que es porque el agua de grifo de mi abuela tiene mucha cal.

6.- ¿Cuáles son tus razones para NO consumir agua embotellada?

No tengo

7.- ¿Cuáles son para ti las diferencias entre el "agua del grifo" y el agua embotellada?

No las sé muy bien aunque pienso que el agua del grifo tiene mas cal que el agua embotellada

8.- Elige la respuesta que te parece más acertada:

- ☐ El agua embotellada no tiene cal. Sólo el agua del grifo tiene cal.
- ☒ El agua embotellada tiene cal pero menos que el agua del grifo.
- ☐ Ambos tipos de agua tienen cal aunque en distintas proporciones.
- ☐ No lo sé.

¡¡Muchas gracias por tu colaboración!!

Figura 6.5. Cuestionario de ideas previas cumplimentado por un estudiante.

Reflejamos seguidamente algunos datos del cuestionario que pueden resultar de interés para contextualizar las próximas dos actividades. En relación a los hábitos de consumo, alrededor del 76 % de los estudiantes participantes manifiesta consumir agua de bebida embotellada, mientras que cerca del 70 % manifiesta un consumo alto o muy alto de este producto (figura 6.6).

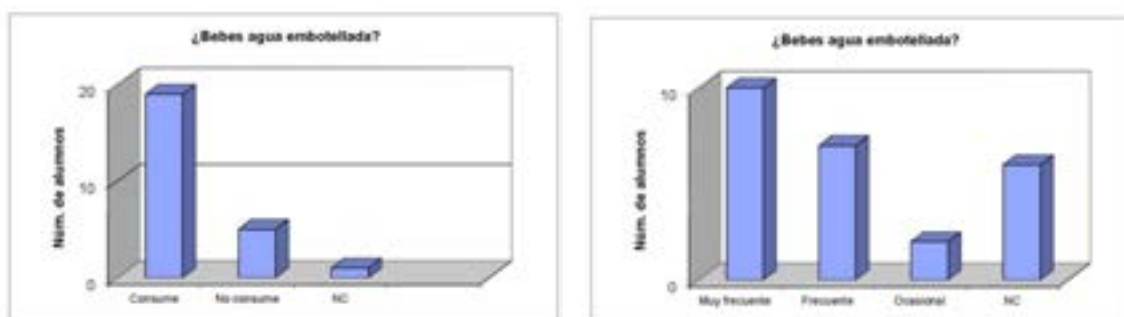


Figura 6.6. Respuestas de los estudiantes en relación al consumo de agua de bebida embotellada.

Las razones que manifiestan los estudiantes sobre por qué prefieren consumir agua de bebida embotellada como alternativa al agua de abastecimiento público (ítem 5 del cuestionario) se recogen en la tabla 6.2.

¿CUÁLES SON TUS RAZONES PARA CONSUMIR AGUA EMBOTELLADA?	
Razones encontradas	Número de veces que se cita
Tiene menos cal.	13
Tiene mejor sabor.	8
Es mejor.	5
Mayor calidad.	2
Es más sana.	2
Me gusta más	1
Más práctica	1
Menos impurezas	1

Tabla 6.2. Razones de los estudiantes para preferir el agua embotellada.

Cuando el grupo finaliza la cumplimentación del cuestionario el profesor informa que de manera privada analizará el resto de las preguntas del cuestionario, pero que ahora deben fijarse en el ítem núm. 5, *¿Cuáles son tus razones para consumir agua embotellada?*, para realizar una puesta en común en gran grupo (actividad A.1.2). El profesor les informa que el objeto de la puesta en común es confeccionar una lista con las principales ideas, opiniones y creencias que manifiesta el grupo acerca del agua embotellada.



En la puesta en común intervienen prácticamente todos los alumnos y alumnas que van leyendo “sus razones”. Para que queden registradas el profesor pide a E18 que las vaya anotando en la pizarra sin repetir ninguna, pero observa que tras las primeras intervenciones dejan de aparecer nuevos motivos y los estudiantes comienzan a reiterar los ya apuntados en la pizarra: *mejor sabor, menos cal, tiene más sa-*

les minerales, más calidad. Tras insistir al respecto el profesor consigue aumentar la participación del grupo y afloran algunas ideas más, en concreto: *más pura y el precio (vale más)* que quedan también anotadas (con un total de seis afirmaciones).

Esta última afirmación causa extrañeza en una de las alumnas, lo que da lugar a un intercambio de opiniones:

«¿Pero tú consumes agua embotellada porque vale más?» (E23).

«Hay gente que sí» (E18).

El profesor decide no intervenir, pero efectivamente, esta respuesta apunta a razones en las que el consumo de agua embotellada se relaciona con un mayor estatus social o nivel económico del consumidor.

El profesor observa que falta una de las razones más significativas, la que relaciona el consumo de agua embotellada con un estilo de vida saludable, y que ha sido explícitamente apuntada en la actividad de inicio. Ante la insistencia del profesor en que piensen en “algo más” una alumna apunta la siguiente idea:

«Te ayuda a adelgazar» (E09).

Aprovecha esta nueva aportación y recuerda las imágenes de la presentación en las que se relacionaba el consumo de agua embotellada con un estilo de vida más sana y pregunta a los estudiantes si creen que en el catálogo se deberían incluir también “razones de salud”, a lo que mayoritariamente contestan que *Sí*. Ante la pasividad del grupo el profesor ayuda a dar “forma” a esta nueva idea, que finalmente, queda redactada como *es más saludable*, que E18 añade a la lista de la pizarra.

«La idea de “saludable” no ha salido de manera espontánea, lo que me ha parecido extraño porque me he detenido e insistido bastante en este aspecto durante la presentación de diapositivas. He tenido que intervenir y sugerir su inclusión ya que esta creencia es una de las relacionadas con el consumo de agua envasada».

(Diario del profesor observador)

Durante la puesta en común el papel del profesor ha sido únicamente de “moderador”, pidiendo a los estudiantes que fueran manifestando sus razones sin entrar a valorarlas o juzgarlas. Terminada la puesta en común, se ha completado un catálogo con siete afirmaciones sobre el agua de bebida embotellada, que el profesor pide que quede anotado en el cuadro de la página 5 del cuaderno de trabajo. En la figura 6.7 se recoge la versión final de este catálogo extraída del cuaderno de trabajo de E18.

A.1.2. Puesta en común.

Ahora vamos a confeccionar un catálogo con las principales ideas que aparecen en el cuestionario sobre por qué consumimos agua de bebida embotellada.

NUESTRAS IDEAS Y CREENCIAS SOBRE EL AGUA EMBOTELLADA
<ul style="list-style-type: none"> - Tiene menos cal. - Tiene mejor sabor. - Tiene más complementos (más sales minerales). - Tiene más calidad. - El precio. - Pureza. - Es más sana.

Figura 6.7. Catálogo de afirmaciones sobre el agua embotellada.

Tras el ciclo de análisis de los cuestionarios, posterior al desarrollo de la sesión, el profesor comprueba que aparecen nuevas razones en las respuestas de los estudiantes que, sin embargo, no se hicieron explícitas durante la puesta en común. Nos referimos a “razones de comodidad” como muestra la respuesta de una de las estudiantes:

«Es más práctico, para tenerla más a mano» (E26).

Volviendo al desarrollo de la sesión el profesor observa que el catálogo contiene buena parte de las razones para preferir el consumo de agua de bebida embotellada que aparecen en la literatura especializada (por ejemplo, véase Ferrier, 2001), y que ya fueron puestas de manifiesto en nuestros estudios preliminares (Blanco y Rodríguez Mora, 2008), como se ha mostrado en el capítulo IV.

Para los estudiantes la “cal del agua del grifo” y “el sabor del agua del grifo” son los dos principales motivos para justificar el consumo de agua de bebida embotellada, entendida como una alternativa superior al agua del grifo. El profesor constata en el análisis de las respuestas del cuestionario que estos dos motivos se utilizan como aspectos negativos asociados al consumo de agua del grifo, como puede observarse en los siguientes extractos:

«...cuando voy a casa de mi abuela bebo agua embotellada pero no sé por qué exactamente, aunque creo que es porque el agua del grifo de mi abuela tiene mucha cal» (E03).

«Porque el agua embotellada tiene menos cal que el agua del grifo, por lo que pienso que es mejor» (E05).

«Pues que el agua embotellada es más buena, no tiene cal y es más saludable, y tiene mejor sabor» (E14).

La dinámica de participación por parte de los estudiantes sigue siendo la misma que en las actividades anteriores, como refleja la siguiente anotación del diario del profesor:

«Salvo un breve conato de debate en torno a incluir o no el precio como una razón para el consumo de agua embotellada, los estudiantes se han limitado a aceptar todas las ideas propuestas sin más comentarios. Se muestran inseguros con estas actividades».

«Además de esta escasa participación tengo la percepción de que los estudiantes están “algo perdidos”, de no entender el sentido de este tipo de actividades...».

(Diario del profesor observador)

Para concluir la sesión de hoy el profesor presenta la actividad A.1.3 (figura 6.8). Se trata de reflexionar con el alumnado sobre cuáles de las afirmaciones recogidas en el catálogo anterior pueden ser investigadas desde el conocimiento científico, esto es, pueden contrastarse con la adecuada selección de datos o pruebas.

A.1.3. En tu opinión, cuáles de las afirmaciones anteriores pueden ser investigadas desde la ciencia? ¿Cuáles no?

SÍ PUEDEN SER INVESTIGADAS CIENTÍFICAMENTE	NO PUEDEN SER INVESTIGADAS CIENTÍFICAMENTE

a) ¿Por qué son cuestiones que pueden ser investigadas desde el punto de vista científico? Justifica tu respuesta.

La ciencia puede ayudarte a que tomes decisiones responsables y bien fundamentadas sobre el agua que consumes. Por eso debemos abordar los conocimientos científicos necesarios que nos permitan dar respuesta a estas cuestiones.

Acudiremos al “mundo de la química” para comprender mejor las características del agua de bebida embotellada y del grifo, para comparar su composición y seguridad. También reflexionaremos sobre las razones para consumir agua embotellada.

Conocer y comprender conceptos como mezcla, disolución, sustancia pura, concentración, sales minerales, “cal”, etc., te serán necesarios y útiles para tomar decisiones más adecuadas sobre estas cuestiones.

¿Estar bien informado es el primer paso para vivir de forma más saludable?

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanco López – mayo 2012

Página 6

Figura 6.8. Actividad A.1.3: ¿Qué razones pueden investigarse científicamente?

Se trata de trabajar con los estudiantes una de las tres competencias científicas contempladas por el programa PISA (OCDE, 2006b), como es la de *identificar cuestiones científicas*. En palabras de Jiménez Alexaindre (2010):

«... identificar cuestiones que pueden ser investigadas por las ciencias, incluye distinguir entre fenómenos que no pueden ser explicados por las ciencias, así como seleccionar información, y por tanto cómo seleccionar datos y pruebas apropiados. Creemos que puede considerarse un punto de partida para el trabajo científico y el aprendizaje de las ciencias» (p. 36).

Dado el interés de esta actividad para el fomento de la competencia científica, el profesor matiza convenientemente lo que deben hacer los estudiantes, cuando observa que algunos de ellos no acaban de comprender lo que se les demanda. El siguiente extracto de la sesión de clase muestra cómo interviene el profesor tratando de guiar al grupo:

- Profesor: *Tenéis una doble columna... A la izquierda tenéis que poner las afirmaciones que pueden ser investigadas. ¿Sabéis lo que significa eso?*
- Profesor: *¿Qué significa que pueden ser investigadas desde la ciencia?*
- E09: *Que se pueden comprobar.*
- Profesor: *Efectivamente. Se puede comprobar si la afirmación es cierta, porque hay datos, hay pruebas, y a partir de ellas puedo concluir si es cierta o no.*
- Profesor: *Ahora se trata de que esas siete afirmaciones las dividáis en dos columnas según creáis que sí o que no se puedan investigar científicamente, es decir si hay justificación para hacer estas afirmaciones o no.*
- E03: *Yo no lo entiendo.*
- [...]
- Profesor: *¿Yo puedo investigar si el agua embotellada tiene menos cal?*
- Varios: *Sí.*
- Profesor: *Entonces habrá que poner esta afirmación en la columna de la izquierda*
- [...]
- Profesor: *¿Se puede investigar si el agua embotellada es más pura?*
- E03: *También. En la columna izquierda.*
- E22: *Yo creo que todas.*
- E18: *Pero el precio no se puede investigar científicamente, cada agua tiene un precio y punto.*
- Profesor: *Entonces debes ponerla en la columna de la derecha.*
- [...]
- Profesor: *Cuando lo hayáis hecho acordaros de rellenar el apartado a) indicando por qué creéis que se pueden investigar.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

El profesor informa que la actividad no se va a corregir en clase y que deben hacerla individualmente. Algunos estudiantes expresan preocupación por si “lo hacen mal” o se equivocan. El profesor los tranquiliza al respecto pidiéndoles que no borren nada, ya que las respuestas se utilizarán posteriormente para su análisis y comparación con las respuestas de una actividad similar de la prueba escrita de evaluación.

Los estudiantes trabajan durante varios minutos y van completando la actividad en el cuaderno; el profesor observa, a diferencia de las actividades anteriores, que consultan entre sí levantándose cierto revuelo en la clase.

«Algunos estudiantes se quejan de dificultad y no saben lo que poner. Consultan entre sí y manifiestan dudas sobre si la calidad o el precio se pueden investigar científicamente. La situación era esperable dado el poco entrenamiento que tienen en este tipo de actividades».

«Ha sido la actividad más extraña pero ha resultado también la más dinámica»

(Diario del profesor observador)

Como se ha mencionado más arriba, con esta actividad se pretende hacer más conscientes a los estudiantes de la posible validez científica de muchas afirmaciones que se utilizan o forman parte de la “cultura del agua embotellada”, del tipo: el agua embotellada es mejor, es más sana, es más saludable, nos renueva mejor, nos cuida, contiene minerales esenciales, es agua más equilibrada, pureza garantizada, etc., –muchas de estas expresiones han sido extraídas literalmente de etiquetas y distintos anuncios publicitarios sobre el agua embotellada–. En la figura 6.9 se muestra el resultado obtenido por E18:

A.1.3. En tu opinión, ¿cuáles de las afirmaciones anteriores pueden ser investigadas desde la ciencia? ¿Cuáles no?

SÍ PUEDEN SER INVESTIGADAS CIENTÍFICAMENTE	NO PUEDEN SER INVESTIGADAS CIENTÍFICAMENTE
<ul style="list-style-type: none"> -Tiene menos caf. -Tiene más complementos. (más sales minerales) -Tiene más calidad. -Pureza. -Es más sana. 	<ul style="list-style-type: none"> -Tiene mejor sabor. -El precio.

a) ¿Por qué son cuestiones que pueden ser investigadas desde el punto de vista científico? Justifica tu respuesta.

porque se puede comprobar si realmente esas afirmaciones son ciertas.

Figura 6.9. Actividad A.1.3 sobre identificación de cuestiones científicas.

En general, los estudiantes han colaborado con el desarrollo de las distintas actividades propuestas y han mostrado un cierto interés. Debemos recordar que este tipo de actividades se alejan drásticamente de los que para ellos constituye una clase de física y química habitual aunque no se han encontrado incidencias dignas de mención.

Cerramos la descripción de esta primera sesión con el siguiente extracto que resume la percepción del profesor de lo ocurrido:

«Hemos finalizado todas las actividades previstas. EL comportamiento del grupo ha sido excelente. Los estudiantes han seguido en todo momento mis indicaciones y han colaborado en todo».

«Los estudiantes se han mostrado interesados e implicados aunque tengo la sensación de que no acaban de entender qué estamos haciendo, todo esto es bastante novedoso para ellos. Mañana pisarán terreno más conocido al introducir los primeros contenidos de química».

«A nivel personal me he encontrado algo más inseguro de lo habitual por la posible reacción del grupo».

(Diario del profesor observador)

6.2.2. Sesión 2

Contenido de la sesión

Jueves, 3 de mayo de 2012	08:15 h – 09:15 h	Aula ordinaria de 3º ESO A	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 2			
TAREA 1: ¿CUÁLES SON TUS IDEAS SOBRE EL AGUA EMBOTELLADA? (Continuación)			
Revisión de la actividad A.1.3.			
TAREA 2: ¿QUÉ ES EL AGUA EMBOTELLADA?			
Interrogante abordado: ¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC(*)
A.2.1. Análisis de frases cotidianas donde aparecen los términos “puro” o “pura”. Puesta en común. Introducción del concepto de sustancia pura y clarificación de ideas.	Trabajo individual. Lectura en gran grupo. Explicación del profesor.	<ul style="list-style-type: none">– Reconocer los posibles significados del término puro en la vida diaria.– Conocer la definición de sustancia pura.	Identificación de cuestiones científicas. – I2
A.2.2. Los estudiantes deben completar una tabla con los distintos significados de los términos “puro” o “pura” en el lenguaje cotidiano y en el lenguaje científico.	Trabajo en pequeño grupo. Puesta en común.	<ul style="list-style-type: none">– Distinguir entre el uso y significado de estos términos en el lenguaje cotidiano y en el lenguaje científico.	Identificación de cuestiones científicas. – II
A.2.3. Lectura de un texto en el que se argumenta por qué el agua embotellada no es un sistema material químicamente puro. Tras la lectura identificación de las ideas principales del texto e interpretación de una afirmación relacionada con el mismo.	Trabajo individual. Explicación del profesor.	<ul style="list-style-type: none">– Diferenciar entre sustancia pura y mezcla.– Comprender que el sistema material “agua de bebida embotellada” es una mezcla de distintos componentes (no pura en sentido químico).– Ser más conscientes del significado y uso del adjetivo “pura” en el contexto del consumo de agua de bebida embotellada.	Identificación de cuestiones científicas. – I2 Explicación científica de fenómenos. – E2
A.2.4. Dar a conocer otro ejemplo de mezcla cotidiana: a partir de los datos presentes en un análisis químico, el estudiante debe justificar qué tipo de sistema material es “el agua del grifo”.	Trabajo individual.	<ul style="list-style-type: none">– Manejar e interpretar tablas de datos.– Comprender que el sistema material “agua del grifo” es una mezcla de diferentes sustancias químicas.– Conocer químicamente productos cotidianos.	Utilización de pruebas científicas. – U1

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

Con la tarea 2 se inicia la segunda fase de la secuencia de actividades, a la que hemos denominado *construcción del conocimiento*, fase que se extenderá hasta la tarea 4.

En la segunda sesión de clase se completan cuatro de las nueve actividades que integran la tarea 2. Se pretende que los estudiantes conozcan el agua de bebida embotellada como sistema material, objeto de estudio de la química, y sean capaces de caracterizar dicho sistema con algunos de los atributos básicos de las disoluciones.

Descripción de la sesión

Tras el análisis de la sesión de ayer el profesor constata que el desarrollo de la actividad A.1.3 –aspectos sobre el agua de bebida embotellada que pueden considerarse investigables científicamente–, presentó una cierta dificultad para los estudiantes. Por ello, y a pesar de que no estaba inicialmente programado, decide comenzar esta segunda sesión repasando la finalidad de esta actividad. El profesor justifica la decisión al tratarse de una actividad novedosa relacionada con el desarrollo de competencias científicas, objeto de la propuesta didáctica. El profesor dedica varios minutos a aclarar y ejemplificar la diferencia entre cuestión científica de aquella que no lo es, utilizando la “cal” y el sabor como ejemplos. Los estudiantes participan en la dinámica del profesor y a la pregunta de si ahora se ha entendido mejor esta distinción, le contestan mayoritariamente que *Sí*.

Tras este breve paréntesis, y buscando siempre la máxima coherencia en el desarrollo de la secuencia, repasa con los estudiantes los principales aspectos que sobre el agua embotellada se trabajaron en la sesión de ayer, para seguidamente presentar la tarea 2, *¿Qué es el agua embotellada?*, con la que se pretende caracterizar químicamente el sistema “agua embotellada” como observable material (figura 6.10).

TAREA 2: ¿QUÉ ES EL AGUA EMBOTELLADA?

La **Química** puede ayudarnos a entender el mundo en que vivimos ya que está presente en todo lo que nos rodea: el aire que respiramos, la ropa que nos ponemos, el agua que bebemos... Esta ciencia se ocupa de estudiar las propiedades de los materiales que utilizamos.



Como hemos dicho en la tarea anterior deberemos acudir al conocimiento químico para comprender mejor qué es el agua embotellada, cuál es su composición o conocer sus efectos sobre el organismo.

La normativa española se refiere al agua de bebida embotellada (o agua de bebida envasada) de la siguiente forma:

El agua de bebida embotellada es el agua destinada al consumo público pero, que a diferencia del agua del grifo, se comercializa sellada (envasada) en un recipiente adecuado, normalmente una botella de plástico.

En esta tarea queremos responder a la siguiente pregunta: **¿qué es, desde el punto de vista químico, el agua embotellada?**

A.2.1. Observa las siguientes imágenes:







Las palabras **puro** y **pura** se utilizan frecuentemente en la vida diaria. Seguramente habéis escuchado frases como “pura leche de vaca”, “queso puro de oveja”, “miel pura de abejas”, “aire puro de la sierra”, “aceite puro de oliva”, etc. En tu opinión, ¿qué significan en estas frases **puro** y **pura**?

MI OPINIÓN	OTRAS OPINIONES DE LA CLASE

[Usar las siguientes palabras al emplear los términos “puro” y “pura” en la vida diaria]

Autoría: Francisco Rodríguez Morcillo y Ángel Buitrago López - mayo 2012 Figura 7

Figura 6.10. Tarea 2 de la SEA sobre el consumo de agua embotellada.

El eje de esta tarea es el análisis del concepto de “agua pura” muy presente en las afirmaciones y opiniones que los estudiantes manifiestan sobre este producto, así como en los mensajes publicitarios sobre el agua embotellada.

Tras las aclaraciones iniciales, el profesor pide a varios estudiantes que participen en la lectura del párrafo introductorio de la página 7 del cuadernillo. En este párrafo inicial se introduce la definición que la normativa vigente realiza sobre el agua de bebida envasada y se plantea la importancia de la química como ciencia capaz de explicar las propiedades de los materiales que utilizamos en nuestra vida diaria. Se finaliza esta breve introducción planteando la cuestión *¿Qué es, desde el punto de vista químico, el agua embotellada?* —que el profesor pide que quede subrayada en el cuaderno de trabajo—, cuya respuesta constituye el objetivo de las próximas actividades.

Con la primera actividad de esta tarea, actividad A.2.1 (figura 6.10) se pretende conocer la opinión de los estudiantes sobre el uso del término “pureza” en el contexto diario. La presencia de esta actividad inicial se justifica por sí misma, pues para interpretar correctamente el significado químico del concepto de pureza es necesario primeramente ser consciente de su utilización en un entorno cotidiano o familiar.

Para desarrollar la actividad el profesor presenta una serie de imágenes y frases en las que aparecen los términos puro/pura referidos a ciertos productos, y pide a los estudiantes que manifiesten su opinión sobre el significado de estos términos en cada una de las situaciones elegidas. Recuerda que las respuestas individuales no deben modificarse o corregirse con las aportaciones de otros compañeros, ya que todas las respuestas resultan interesantes para la investigación.

El profesor observa que un buen número de estudiantes se muestran indecisos y no completan la actividad, e incluso registra alguna queja al respecto.

«...pensaba que esta actividad era fácil pero observo que presenta cierta dificultad para los estudiantes, y buena parte del grupo “no sabe qué poner”. Solo cuando E07 propone “algo natural”, parece que el grupo comienza a reaccionar».

(Diario del profesor observador)

Para poner de manifiesto las opiniones de los estudiantes debe realizarse una puesta en común. No obstante, esta primera actividad no parece interesar demasiado al grupo, por lo que el profesor decide agilizar esta puesta en común para así poder concluir con la actividad. A requerimiento del profesor los estudiantes leen sus respuestas en voz alta, respuestas que son anotadas por el propio profesor en la pizarra.

«El grupo se muestra pasivo y me encuentro con el mismo problema de ayer: tras las primeras intervenciones se comienzan a repetir las respuestas de forma que las mismas ideas aparecen una y otra vez, con muy pocas aportaciones. El resto se limita a copiar».

(Diario del profesor observador)

En la tabla 6.3 se recoge la colección de afirmaciones con las que el grupo parece identificar los términos “puro/pura” en un contexto cotidiano o familiar:

¿EN TU OPINIÓN QUÉ SIGNIFICA PURO O PURA?
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Natural (que procede de la naturaleza). ▪ No ha sido manipulado. ▪ No lleva otros productos / no le han añadido nada / no lleva aditivos. ▪ Calidad. ▪ Sano.

Tabla 6.3. Opiniones de los estudiantes sobre el significado de pureza.

Seguidamente, se han seleccionado de los cuadernos de trabajo algunas respuestas que muestran, de manera algo más detallada, las opiniones de los estudiantes al respecto:

«Es más sano» (E06).

«Algo natural que no ha sido manipulado» (E07).

«Que es natural y tiene más calidad» (E08).

«...100% natural y no lleva aditivos» (E18).

«Alta calidad» (E24).

Muchos de estos significados y atribuciones son realmente los esperados de acuerdo con la literatura consultada (Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991; pp. 148 y ss.). El profesor registra que en muy pocos casos los estudiantes citan significados propios del lenguaje químico, aunque en estos casos rara vez se utilizan con la precisión requerida:

«Que no tienen ningún componente externo, que no está mezclado con nada» (E09).

«Que no contiene ningún elemento, que es totalmente pura...» (E13).

«Que no está mezclado con nada que es solo el compuesto (aceite de oliva, leche). Que no contiene nada que no sea solo eso» (E26).

Concluye la actividad con la lectura de los diferentes párrafos de la página 8 del cuaderno, donde se introduce la noción química de pureza (o de forma más precisa, de “sustancia pura”) y se plantea la necesidad de un uso preciso de este término según el ámbito de utilización (figura 6.11). El profesor trata de dinamizar la lectura pidiendo que algunas frases importantes de estos textos queden subrayadas.

En Química también se utilizan con frecuencia las palabras *puro* y *pura* pero se emplean con otro significado. En lenguaje químico estos términos se utilizan como sinónimos de "sólo una cosa".



En lenguaje químico cuando decimos que un material es una **sustancia pura** es porque **sólo hay una única sustancia** en ese material. Por ejemplo, al referirnos al lingote de la izquierda como de "oro puro" lo que queremos decir es que el lingote **sólo** contiene la sustancia oro y **nada** más que oro! Ninguna otra sustancia está presente en el lingote.

En el lenguaje químico muchas veces emplearemos el término *sustancia* con un significado equivalente al de *sustancia pura*.

Idea clave: EN QUÍMICA UNA SUSTANCIA PURA ES UN MATERIAL FORMADO POR UN ÚNICO TIPO DE SUSTANCIA.

Debes saber que el uso del lenguaje puede dar lugar a cierta confusión cuando utilizas el adjetivo "puro". Por eso tienes que usar este término con precisión y no confundir el significado propio del lenguaje coloquial o cotidiano con el del lenguaje químico.

A.22. Completa la tabla siguiente con los distintos significados que hemos visto para los adjetivos *puro* y *pura*:

LENGUAJE COTIDIANO	LENGUAJE CIENTÍFICO

Puedes usar de los términos "puro" y "pura"

Idea clave: EXISTEN DIFERENCIAS ENTRE EL SIGNIFICADO COLOQUIAL O COTIDIANO DE PURO/PURA Y EL SIGNIFICADO CIENTÍFICO.

Autores: Francisco Rodríguez Morán y Ángel Elías López - mayo 2012 Página 8

Figura 6.11. Tarea 2 (continuación).

El concepto de sustancia pura permite activar la primera de las ideas clave manejadas en la unidad (figura 6.12), y así lo indica el profesor que llama varias veces la atención al grupo sobre la importancia de tratar de entender de forma adecuada esta definición.

Idea clave: EN QUÍMICA UNA SUSTANCIA PURA ES UN MATERIAL FORMADO POR UN ÚNICO TIPO DE SUSTANCIA.

Figura 6.12. Primera idea clave de la secuencia didáctica: concepto de sustancia pura.

Como complemento de la actividad anterior y para hacer más consciente al grupo de la posible ambigüedad que puede plantear el uso del adjetivo "pura" los estudiantes, trabajando en parejas, deben completar la tabla de la página 8 del cuadernillo (figura 6.11) en

la que se sintetizan y comparan los diferentes significados que se pueden atribuir a este término tanto en su uso coloquial como científico.

El profesor lee el enunciado de la pregunta y comenta al grupo el sentido de la actividad; dada su escasa dificultad el profesor decide que esta actividad no se corrija en clase para agilizar el desarrollo de la sesión, y así lo comenta en voz alta al grupo. Los estudiantes siguen las indicaciones del profesor aunque se muestran poco interesados, lo que da lugar a cierta dispersión y genera algún que otro comentario al respecto:

«Esto es muy aburrido maestro» (E22).

«No ha funcionado bien. Esta actividad es muy simple pero he tenido que dirigir bastante el trabajo (el grupo está algo disperso). El ritmo de la clase está resultando demasiado lento y algunos estudiantes parecen “desconectar”. Posiblemente habría que valorar eliminar esta actividad de la secuencia y hacer más atractiva la A.2.1».

(Diario del profesor observador)

Para concluir con la actividad A.2.2 el profesor utiliza varios ejemplos para insistir en la variedad de significados de estos términos en función del contexto elegido, lo que le lleva a presentar la segunda idea clave de esta tarea (figura 6.13), tras lo que se da por concluida esta “primera parte” de la tarea 2.

Idea clave: EXISTEN DIFERENCIAS ENTRE EL SIGNIFICADO COLOQUIAL O COTIDIANO DE PURO/PURA Y EL SIGNIFICADO CIENTÍFICO.

Figura 6.13. Segunda idea clave de la tarea 2.

En la figura 6.14 se muestra cómo ha quedado esta actividad, extraída del cuaderno de trabajo de E15.

A.2.2. Completa la tabla siguiente con los distintos significados que hemos visto para los adjetivos *puro* y *pura*:

LENGUAJE COTIDIANO	LENGUAJE CIENTÍFICO
<p>- Algo natural (no ha sido manipulado)</p> <p>- No le han crecido rocas.</p> <p>- Alta calidad</p> <p>- Sano</p>	<p>Es un material formado por un único tipo de sustancia.</p>
Posibles uso de los términos “puro” y “pura”	

Figura 6.14. Respuesta de E15 a la actividad A.2.2 (tarea 2).

El profesor presenta la siguiente actividad al grupo, actividad A.2.3, (figura 6.15) que incluye la lectura de un breve texto, tras el cual los estudiantes deben responder a dos cuestiones “no directas”.

A.2.3 ¿Es pura el agua embotellada?

Lee el siguiente texto y contesta a las preguntas que se plantean.

COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA
FICOMEDIO (mg/L)

PH	8.8
Temperatura	24°C
Índice de Tendencia	140
Sulfatos	0.9
Fosfatos	0.08
Calcio	16.8
Hierro	0.06
Cromo	5.7
Sodio	14.2
Potasio	2.8
Nitratos	4.0
Bicarbonatos	108
Magnesio	8.8

Obtenidos en un lugar fresco y limpio, protegidos de la luz solar, después de haber eliminado del material cualquier residuo.

En la etiqueta de al lado se muestra el análisis químico efectuado a una marca de agua embotellada. Aunque el agua es el componente mayoritario curiosamente no aparece en el análisis, pero sí aparecen otras sustancias presentes: calcio, sodio, cloruros, bicarbonatos, hierro, etc. Debemos concluir que el agua que contiene la botella no es, en lenguaje de la química, una “sustancia pura”.

En la Naturaleza encontramos muchos materiales que no están formados por una única sustancia: el aire, el agua del mar, el vino, la leche, etc. La mayoría de los materiales que utilizas en tu vida cotidiana tampoco son sustancias puras. De hecho, es casi imposible encontrar a nuestro alrededor materiales químicamente puros. Los materiales que solemos utilizar son en realidad mezclas de sustancias.

En lenguaje químico usamos el término **mezcla** para referirnos a un material que contiene dos o más sustancias en la que las sustancias combinadas conservan su identidad y propiedades.

Entonces, ¿es pura el agua embotellada? Con lo dicho hasta aquí debemos concluir que el agua embotellada no es químicamente pura sino una mezcla de distintas sustancias.

a) Identifica cuáles son las ideas más importantes que aparecen en el texto.

b) A partir de la información que aparece en el texto justifica qué quiere decir la siguiente frase “En una botella de agua embotellada no solo hay agua en la botella”.

Idea clave: EN QUÍMICA UNA MEZCLA ES UN MATERIAL FORMADO POR VARIOS TIPOS DE SUSTANCIAS PURAS.

Autores: Francisco Rodríguez Moray y Ángel Blasco López - mayo 2012 Página 9

Figura 6.15. Tarea 2 (continuación).

El texto, titulado *¿Es pura el agua embotellada?*, plantea si es posible aplicar el concepto químico de pureza (recién definido) al caso del agua embotellada. Este planteamiento se realiza a partir de la consulta de los datos de un análisis químico presente en una etiqueta de agua mineral contenida en el texto.

Se pretende que el estudiante reconozca los distintos componentes presentes en el agua mineral natural embotellada, lo que le debe llevar a identificarla químicamente como una mezcla de distintas sustancias. Asimismo, se persigue que el estudiante identifique con qué sentido emplean los mensajes publicitarios sobre el agua embotellada la frase “agua pura”.

Inicialmente el profesor propone al grupo dejar unos minutos para que los estudiantes, de manera individual, lean el texto. Sin embargo, la mayoría propone “que es mejor” realizar la lectura en voz alta y “entre todos”. Se procede de esta manera y el profesor procura, aunque el texto es corto, que colaboren en la lectura el mayor número de ellos.

«Es la primera actividad con lectura de texto. Les pregunto qué les ha parecido. Me dicen que el texto es muy fácil y que se entiende todo muy bien. Parecen más animados».

(Diario del profesor observador)

A lo largo de la lectura el profesor interviene en bastantes ocasiones realizando frecuentes preguntas al grupo para clarificar su contenido. El siguiente diálogo, extraído literalmente de las grabaciones en vídeo, ejemplifica estas acciones:

- Profesor: *¿Qué pensáis? ¿Es pura el agua embotellada?*
 Varios: *No.*
 Profesor: *¿Por qué no?*
 E23: *Porque contiene otras sustancias.*
 Profesor: *Para que fuera pura, ¿en el análisis que debería de haber solo?*
 E22: *Agua.*
 Profesor: *¿Y solo hay agua?*
 Varios: *No.*
 Profesor: *Otras cosas están presentes. Fijaros como el agua no aparece en el análisis.*
 Profesor: *Entonces, desde el punto de vista científico no parece que la palabra pura sea posible aplicarla, ¿correcto?*
 [...]

 Profesor: *Si en una botella de L....dice “agua pura de las cumbres de Sierra Nevada, ¿qué puede significar?*
 E09: *Que es mentira.*
 E18: *Que venga de la sierra no significa que sea pura.*
 E23: *Que contiene otras sustancias.*
 Profesor: *¿Qué tipo de lenguaje estarían utilizando?*
 Varios: *Coloquial.*
 Profesor: *¿Sería pura en sentido químico?*
 Varios: *No.*
 Profesor: *Desde el punto de vista químico no es pura.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

Concluida la lectura el profesor pide al grupo que responda a las dos cuestiones planteadas. En la primera de ellas el estudiante debe identificar las ideas más importantes expresadas en el texto y escribirlas en el cuaderno.

Los alumnos y alumnas trabajan de manera individual durante varios minutos y se muestran más implicados respecto a las dos actividades anteriores. El profesor les insiste en que no se trata de resumir el texto o de copiar literalmente frases sueltas sino de extraer la información más relevante, por lo que les aconseja que lean de nuevo párrafo a párrafo y apunten las ideas básicas de cada uno de ellos, y que posteriormente revisen y reagrupen estas ideas.

«A pesar de la insistencia observo que bastantes alumnos se dedican a copiar literalmente las frases del texto o las ideas clave que aparecen más abajo. Me parece que extraer las ideas de un texto no les resulta fácil, por eso dedico unos minutos a comentar cuáles son las tres ideas más importantes del texto y cuál es la idea fundamental que queda apoyada por los datos del análisis químico: el agua embotellada como mezcla de sustancias».

(Diario del profesor observador)

El profesor registra un hecho anecdótico en el desarrollo de esta actividad y que resume el siguiente comentario:

«Maestro, las ideas clave resumen el texto, quiero decir que dan la solución» (E08).

Tras el análisis del cuadernillo debemos asumir que, efectivamente, la posición de algunas de las ideas clave –que representan una especie de síntesis de los contenidos básicos sobre química que se van desarrollando a lo largo de la secuencia didáctica– no parece la más adecuada, como este comentario parece poner de manifiesto. Pero gracias al mismo, el profesor fue consciente de esta circunstancia e ideó una estrategia alternativa sobre cómo gestionar los cuadros con estas ideas clave para futuras ediciones: a modo de resumen se presentarían todos estos cuadros ordenados, pero conteniendo frases incompletas, al final de cada tarea para que el alumnado los fuera completando, y de esta manera, repasando las ideas más importantes trabajadas. Curiosamente, un comentario espontáneo de esta alumna se convirtió en el germen de una propuesta para la mejora de la secuencia.

La segunda cuestión tiene por objeto que el alumnado explique y justifique la afirmación “en una botella de agua embotellada *no solo* hay agua en la botella”, utilizando para ello la información contenida en el texto recién leído. Se trata de una cuestión bastante simple que se ha vinculado a la capacidad para *describir y explicar fenómenos científicamente*. El profesor elige a varios estudiantes para que lean sus “explicaciones”, y después de varias intervenciones, puede comprobar que hay coincidencia en las respuestas, que se muestran adecuadas y según lo esperado.

En la siguiente figura se muestra cómo ha resuelto E05 esta actividad, con unas respuestas bastante adecuada a lo esperado (figura 6.16).

- a) Identifica cuáles son las ideas más importantes que aparecen en el texto.
- En lenguaje de la química el agua no es una sustancia pura.
 - Los materiales que usamos en nuestra vida cotidiana desde el punto científico tampoco es puro porque los materiales que utilizamos son en realidad mezclas de sustancias.
 - En la naturaleza encontramos materiales que no están formados por una única sustancia.
- b) A partir de la información que aparece en el texto justifica qué quiere decir la siguiente frase "En una botella de agua embotellada no solo hay agua en la botella".
- Que no solo hay agua sino otras sustancias disueltas.

Figura 6.16. Respuesta de E05 a la actividad A.2.3 (tarea 2).

Se concluye esta actividad con la lectura en voz alta de dos nuevas ideas clave que resumen lo trabajado (figura 6.17).

Idea clave: EN QUÍMICA UNA MEZCLA ES UN MATERIAL FORMADO POR VARIOS TIPOS DE SUSTANCIAS PURAS.

Idea clave: DESDE EL PUNTO DE VISTA QUÍMICO EL AGUA EMBOTELLADA NO ES "PURA". ES UNA MEZCLA DE DIFERENTES SUSTANCIAS.

Figura 6.17. Ideas clave de la tarea 2.

«Esta actividad ha resultado más dinámica y mayoritariamente los estudiantes se han mostrado más participativos e implicados. Ha funcionado mejor que las anteriores».

(Diario del profesor observador)

El profesor explica la finalidad de la actividad A.2.4, última de las actividades programadas para la sesión de hoy, con la que se pretende que el alumnado, con la información manejada hasta ahora, caracterice al "agua del grifo" como una mezcla de distintos componentes. De esta manera se incluye al "agua del grifo" como otro ejemplo de sistema material con varios componentes, con claras semejanzas con el sistema "agua de botella" desde el punto de vista de la química.

Se inicia esta actividad con la lectura de la página 10 del cuaderno de trabajo en la que se plantea la cuestión *¿Qué es el agua del grifo?*, que se acompaña de una serie de datos de un análisis químico reciente efectuado al agua corriente de una población malagueña (figura 6.18).

Idea clave: DESDE EL PUNTO DE VISTA QUÍMICO EL AGUA EMBOTELLADA NO ES "PURA". ES UNA MEZCLA DE DIFERENTES SUSTANCIAS.

¿QUÉ ES EL AGUA DEL GRIFO?

Para la normativa española el agua del grifo es el agua que se suministra a través de una red de distribución al consumidor.



El agua que sale del grifo es el agua destinada al consumo público que pertenece a la red de abastecimiento público de tu localidad.

A.2.4. En la tabla siguiente se muestran algunos datos sobre el agua del grifo de una población malagueña:

Parámetro	Valor encontrado el 07/05/2011
Cloro libre residual (mg/L)	0,2
Sólidos disueltos totales (mg/L)	70,4
Cloruros en mg/L	4
Sulfatos en mg/L	12
Bicarbonatos en mg/L	59

a) Si el agua que contiene la botella se puede considerar desde el punto de vista químico como una mezcla de distintas sustancias, ¿qué podríamos decir sobre el agua del grifo? Justifica tu respuesta con los datos de la tabla.

El agua embotellada y el agua del grifo son mezclas de sustancias pero, ¿qué clase de mezclas? Para responder a esta pregunta debemos acudir, de nuevo, al "mundo de la química" y estudiar los tipos de mezclas que podemos encontrar en la Naturaleza y, en particular, profundizar en un tipo particular de mezclas: las disoluciones.

Autores: Francisco Rodríguez Voz y Ángel Elías López - mayo 2012 Página 10

Figura 6.18. Tarea 2 (continuación).

«Los estudiantes expresan señales de cansancio. Les pido un último "empujón" para completar la pregunta que queda. Reaccionan a mis palabras y trabajan individualmente durante varios minutos para completarla. Les agradezco su esfuerzo».

(Diario del profesor observador)

El profesor espera que, con lo trabajado en clase, respondan de manera correcta a esta cuestión. No obstante, la respuesta solo se considerará válida si queda adecuadamente justificada a partir de los datos del análisis que se acompaña. Se trata por tanto de una actividad que fomenta la interpretación de datos para apoyar una conclusión, y desde esta perspectiva, puede vincularse con la competencia de *Utilización de pruebas científicas*.

La actividad se corrige de manera rápida en gran grupo. A la pregunta del profesor de si *¿Es pura el agua del grifo?*, los estudiantes contestan unánimemente que *No*; el docente

observa que la actividad ha sido correctamente interpretada por la totalidad de los estudiantes, y que la mayoría de ellos justifica adecuadamente sus conclusiones, si bien, utilizando distintos grados de aproximación a la respuesta deseada, como puede verse en los ejemplos que se citan seguidamente.

El primer ejemplo, figura 6.19, muestra la respuesta de *E17* a esta cuestión. Como puede observarse redacta una conclusión adecuada apoyada en referencias directas a las pruebas que ofrece el análisis químico.

A.2.4. En la tabla siguiente se muestran algunos datos sobre el agua del grifo de una población malagueña:

Parámetro	Valor encontrado el 07/05/2011
Cloro libre residual (mg/L)	0,2
Sólidos disueltos totales (mg/L)	70,4
Cloruros en mg/L	4
Sulfatos en mg/L	12
Bicarbonatos en mg/L	59

- a) Si el agua que contiene la botella se puede considerar desde el punto de vista químico como una mezcla de distintas sustancias, ¿qué podríamos decir sobre el agua del grifo? Justifica tu respuesta con los datos de la tabla.

Lo mismo, ya que podemos observar en la tabla como el agua del grifo contiene otras sustancias como sulfatos, bicarbonatos etc.

Figura 6.19. Respuesta de *E17* a la actividad A.2.4 (tarea 2).

El segundo ejemplo se muestra la respuesta del estudiante *E09* que se considera acertada en cuanto a la conclusión obtenida, si bien, no realiza referencia alguna a las pruebas aportadas (figura 6.20):

- a) Si el agua que contiene la botella se puede considerar desde el punto de vista químico como una mezcla de distintas sustancias, ¿qué podríamos decir sobre el agua del grifo? Justifica tu respuesta con los datos de la tabla.

Que el agua de grifo tampoco es pura ya que también está compuesta por una mezcla de diferentes sustancias.

Figura 6.20. Respuesta de *E09* a la actividad A.2.4 (tarea 2).

«La última actividad se ha realizado de manera algo acelerada por falta de tiempo. A pesar de todo, y como era de esperar la actividad ha resultado muy sencilla».

(Diario del profesor observador)

La sesión finaliza con la lectura del último párrafo de la página 10 del cuaderno (figura 6.18), en el que se plantea la cuestión que será analizada en la próxima sesión: *si desde el punto de vista químico el agua de bebida embotellada y el agua del grifo se pueden caracterizar como mezclas de distintas sustancias, ¿qué tipo de mezclas son?*

Para concluir con la descripción de esta sesión se transcriben los siguientes extractos que muestran algunas consideraciones del profesor sobre su desarrollo:

«Las actividades no presentaron especiales dificultades, solo son novedosas en el aula de Física y Química».

«Las dos primeras actividades no funcionaron según lo previsto: la segunda actividad parece romper el ritmo de la clase y habrá que valorar su eliminación».

«Mi percepción es que los alumnos han entendido los contenidos de hoy, y se ha llegado a la conclusión deseada: el agua del grifo y el agua embotelladas se pueden caracterizar como sistemas materiales “mezclas”».

(Diario del profesor observador)

6.2.3. SESIÓN 3

Contenido de la sesión

Martes, 8 de mayo de 2012	08:15 h – 09:15 h	Aula ordinaria de 3º ESO A	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 3			
TAREA 2: ¿QUÉ ES EL AGUA EMBOTELLADA? (Continuación)			
Interrogante abordado: ¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC ^(*)
A.2.5. Lectura de un texto donde se introducen los términos básicos para describir las disoluciones como sistemas materiales. Clarificación de ideas.	Lectura en gran grupo y explicación del profesor. Trabajo Individual.	<ul style="list-style-type: none">Comprender el concepto de disolución en química.Identificar y utilizar la terminología básica para describir una disolución.Conocer atributos básicos característicos de las disoluciones como su composición variable.	Identificación de cuestiones científicas. – I2
A.2.6. A partir de imágenes que muestran distintos ejemplos de mezclas, el estudiante debe reconocer la existencia de disoluciones y explicar los criterios utilizados para diferenciarlas.	Trabajo individual. Explicación del profesor.	<ul style="list-style-type: none">Distinguir entre mezcla homogénea y heterogénea.Conocer atributos básicos característicos de las disoluciones, como su apariencia y composición uniformes.Explicar por qué una mezcla podría ser considerada una disolución.	Identificación de cuestiones científicas. – I2 Explicación científica de fenómenos. – E2
A.2.7. Utilizando los conceptos anteriores tratar de explicar qué tipo de mezcla es el agua de bebida embotellada.	Trabajo individual. Puesta en común.	<ul style="list-style-type: none">Caracterizar el agua de bebida embotellada como un ejemplo de mezcla de tipo homogéneo.Describir químicamente productos cotidianos.	Explicación científica de fenómenos. – E3
A.2.8. Con una serie de palabras-guía el estudiante debe completar un esquema que resuma lo que sabemos químicamente sobre el agua embotellada.	Trabajo individual. Trabajo en gran grupo.	<ul style="list-style-type: none">Hacer uso y aplicar los nuevos conocimientos a una determinada situación cotidiana.Valorar la contribución de la ciencia para comprender aspectos cotidianos.Caracterizar desde el punto de vista químico el agua de bebida embotellada.	Explicación científica de fenómenos. – E2

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

Debemos recordar que con el desarrollo de la tarea 2 se pretende introducir los conocimientos químicos necesarios para caracterizar, desde el punto de vista químico, los sistemas “agua de bebida embotellada” y “agua del grifo” como observables materiales.

La sesión anterior comenzó con el análisis de los distintos significados de los términos puro/pura tanto en el lenguaje cotidiano como científico, para concluir que el agua embotellada *no es químicamente pura*, y debe considerarse como un ejemplo de mezcla, fundamentalmente, de distintas sales minerales en agua. En la sesión de hoy se desarrollan cuatro de las cinco actividades que conforman la segunda parte de la tarea 2 (actividades A.2.5 – A.2.8). La última actividad de esta tarea, actividad A.2.9, tuvo que aplazarse hasta la sesión siguiente por falta de tiempo como se verá más adelante.

Con estas actividades se pretende caracterizar distintos tipos de mezclas desde el punto de vista químico, dedicando una especial atención a las disoluciones, lo que debe llevar al alumnado a identificar el agua de bebida envasada como un ejemplo cotidiano de este tipo de mezclas homogéneas. La tarea concluye con la noción de que, desde la terminología química, el sistema material “agua embotellada” puede explicarse y describirse utilizando los atributos y características de las disoluciones.

Descripción de la sesión

El profesor comienza repasando las principales conclusiones obtenidas en la sesión anterior, estrategia que se va a repetir a lo largo de toda la puesta en práctica; tras estos primeros minutos el docente informa sobre el objetivo que se persigue con las actividades programadas para la sesión de hoy: “investigar qué tipo de mezcla es el agua embotellada”.

La primera actividad programada, actividad A.2.5 (figura 6.21), se considera particularmente importante en el conjunto de la secuencia ya que introduce el concepto de disolución, un concepto fundamental para lograr nuestro objetivo de caracterizar el agua de bebida embotellada desde el punto de vista químico.

A.2.5. ¿Qué son las disoluciones?

Lee el siguiente texto y contesta a la pregunta planteada.



Vamos a tratar de explicar qué es una disolución utilizando un producto cotidiano como la sal común y su mezcla con agua. Cuando hablamos de sal nos estamos refiriendo en realidad a la sal común o cloruro de sodio, una de las muchas sales existentes.

La sal es un producto cristalino que se disuelve muy bien en el agua. Por eso, habrás observado que cuando añades un poco de sal al vaso con agua, pasado cierto tiempo los cristallitos de sal dejan de verse aunque el proceso es más rápido si agitas el contenido. Se ha formado una mezcla de agua y sal a la que llamamos disolución: antes de preparar una disolución de sal en agua.

Para poder comprender y describir correctamente estas mezclas llamadas disoluciones necesitamos utilizar un vocabulario preciso. Aunque este vocabulario usa una terminología científica muchos términos se usan con frecuencia también en la vida diaria, por lo que a veces puede crearse cierta confusión. Así que, es importante que conozcas bien este vocabulario y que lo uses de forma correcta.

Las sustancias que mezclan para formar la disolución son los constituyentes (o componentes) de la disolución. En nuestro ejemplo tenemos dos componentes: agua y sal común.

La sustancia que se encuentra en mayor cantidad, el agua en nuestro ejemplo, es el disolvente. El disolvente es lo que disuelve. La sustancia que se encuentra en menor cantidad, la sal en nuestro ejemplo, es el soluto. El soluto es lo que se disuelve. Nuestra disolución contiene un único soluto pero podemos preparar otras disoluciones que contengan más de un soluto.

Con sal y agua podemos preparar varias disoluciones si utilizamos cantidades variables de las sustancias participantes, que podemos variar a voluntad: en el vaso de agua podemos añadir más o menos sal o poner más o menos agua, según queramos.

El proceso que ha tenido lugar para formar la mezcla puede describirse en lenguaje químico diciendo que la sal (el soluto) se encuentra disuelta en el agua (el disolvente).

Fíjate que la palabra disolución se emplea tanto para referirse al producto final formado como para referirse al proceso, es decir, a la operación de disolver.

Recuerda que para preparar una disolución necesitas un disolvente, que en muchos casos es el agua, y uno o más solutos: disolvente + soluto (o solutos) = disolución.

a) Identifica en el texto cuáles son los términos básicos para describir las disoluciones.

Autores: Francisco Rodríguez Sierra y Ángel Muñoz López - mayo 2012

Figura 31

Figura 6.21. Actividad A.2.5 sobre disoluciones (tarea 2).

UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



269

Se inicia esta actividad con la lectura de un texto expositivo de tamaño medio titulado *¿Qué son las disoluciones?*, que informa a los estudiantes sobre algunos de los atributos básicos de este tipo de sistemas. Para la redacción del texto se ha prestado especial cuidado en utilizar un lenguaje sencillo y asequible que facilite la adquisición del concepto de disolución, así como a la presentación de aquellos conceptos que se consideran más complejos para el alumnado de acuerdo con la literatura consultada (Blanco, 1995, 2000), dificultades que se pusieron de manifiesto en el capítulo V.

El grupo vuelve a optar por la lectura en voz alta y en gran grupo, en la que colaboran un buen número de estudiantes. Dado el interés de este texto para el correcto avance de la secuencia el profesor realiza “un alto” tras la lectura de cada párrafo, preguntando al grupo sobre el contenido recién leído y repasando las nociones básicas que se van introduciendo, insistiendo, particularmente, en el correcto uso del vocabulario específico que describe las disoluciones.

«A la pregunta de si conocían las disoluciones de cursos anteriores los estudiantes, en su mayoría, manifiestan que “No”, aunque los más aventajados dicen que “Sí”; el texto empieza desde cero. Les pregunto si han tenido algún problema con el texto y me dicen que “No”. Les pregunto su opinión y me dicen que el texto se ha entendido.... No plantean preguntas sobre el contenido».

(Diario del profesor observador)

Para completar la actividad A.2.5 los estudiantes, trabajando de manera individual, deben identificar en el texto presentado aquellos términos que se consideran indispensables para lograr la adecuada descripción fenomenológica de las disoluciones. Se trata, por tanto, de una cuestión que demanda comprender la información y saber seleccionarla de forma adecuada, habilidades que hemos vinculado con la competencia de *identificar cuestiones científicas*. No obstante, debe quedar claro que esta primera aproximación de los estudiantes al tópico de las disoluciones resulta aún incompleta y se irá completando a medida que se avanza en la tarea 2.

El profesor pide a E09 que lea la pregunta que acompaña al texto y que la explique al resto del grupo, lo que hace de manera correcta en colaboración con el profesor:

- Profesor: *¿Qué tendríamos que hacer? ¿Nos están pidiendo que resumamos el texto?*
- E09: *No.*
- Profesor: *¿Qué hay que hacer en esta actividad?*
- E09: *Describir las disoluciones.*
- Profesor: *Pero, describir, cómo. ¿Copiando todo lo importante?*
- E09: *No solo los términos básicos.*
- Profesor: *Es decir, hay que elegir los términos más importantes que me permitan describir una disolución.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

El grupo colabora y trabaja de manera disciplinada durante varios minutos en los que el profesor observa con curiosidad que hay pocos alumnos y alumnas que estén realizando la actividad de forma precisa, en el sentido de que las respuestas esperadas no se corresponden con lo que se les demanda.

«En mi opinión el enunciado de la actividad está muy claro. A pesar de mi insistencia sorprende a muchos de ellos copiando frases sueltas o resumiendo el texto, aunque decido no intervenir (...) se trata de actividades poco frecuentes en la rutina de una clase de ciencias. Habría que valorar si introducir algún ejemplo para que sirva como guía del trabajo a desarrollar».

(Diario del profesor observador)

Seguidamente, y a modo de ejemplo, se presentan varias respuestas que pueden considerarse representativas del conjunto, en el sentido de que se muestra cómo los estudiantes resuelven la actividad tratando de confeccionar breves resúmenes del texto leído (con más o menos coherencia), en vez de seguir las indicaciones dadas en el enunciado, debiéndose concluir que no acaba de quedar clara la finalidad de esta actividad.

«Llamamos disolución a una mezcla entre dos productos, el disolvente y el soluto. Para poder comprender y describir esta mezclas necesitamos utilizar un vocabulario preciso» (E01).

«Se usa para referirse tanto al producto final como para referirse al proceso, es decir, a la operación de disolver» (E09).

«Una disolución es un producto cotidiano como la sal común y un vaso con agua. Son mezclas» (E13).

«Las sustancias que mezclan para formar la disolución son los constituyentes de la disolución. La sustancia que se encuentra en mayor cantidad es el disolvente. La sustancia que se encuentra en menor cantidad es el soluto. Solute es lo que se disuelve» (E15).

En respuesta a esta situación, el profesor decide realizar una puesta en común, la cual no estaba inicialmente programada, y con la que se pretende mejorar el desarrollo de esta actividad que no se ajusta a lo previsto, como constata el profesor. Como se verá más adelante, esta decisión introduce un cierto retraso en el desarrollo de la secuencia, lo que va a suponer que la actividad A.2.9 no pueda desarrollarse en la sesión de hoy tal como estaba inicialmente previsto.

Para desarrollar la puesta en común los estudiantes van exponiendo sus respuestas; sin embargo, el profesor les pide que no se limiten a la lectura literal y hagan un esfuerzo para extraer los términos clave. Poco a poco van surgiendo varias de estas expresiones básicas, que el propio profesor se encarga de ir apuntando en la pizarra, aunque insiste en que falta aún un atributo importante, y pregunta al grupo. Al no obtener la respuesta

esperada el profesor lee un par de líneas del texto, que sirve de ayuda para que *E18* complete el proceso.

«He copiado en la pizarra los términos que han ido apareciendo: mezcla, componentes, cantidades variables, disolvente y soluto. Creo que ahora sí está claro lo que les pedía la actividad. Les pido que no borren nada pero que subrayen estas palabras en sus respuestas».

(Diario del profesor observador)

El resultado de la puesta en común, con los términos básicos elegidos y en el orden en que fueron apareciendo, se muestra en la figura 6.22, respuesta que se ha extraído del cuaderno de *E07*.

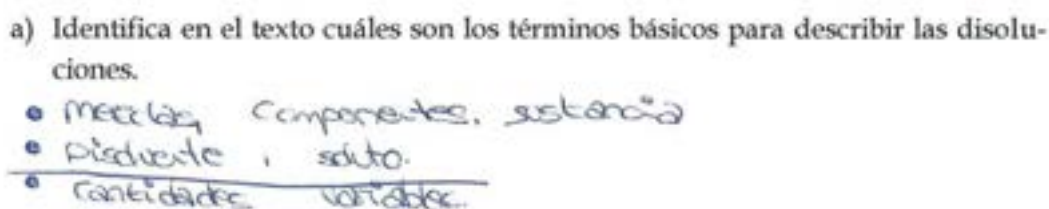


Figura 6.22. Actividad A.2.5 sobre términos relacionados con el concepto de disolución (tarea 2).

La referencia al “desorden” en que aparecen las palabras anteriores rápidamente es puesta de manifiesto por uno de los estudiantes:

E09: Pero maestro, así no se entendería, si lo pusieras en orden mejor. Así no vale.

Profesor: Sí, en orden por supuesto,... pero si yo tuviera que componer un pequeño texto con estas palabras, ¿quedaría suficientemente claro lo que es una disolución?

Varios: Sí.

Profesor: ¿Cómo quedaría con las palabras ordenadas?

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

El profesor insiste en el resultado obtenido y muestra a la clase que la lectura en el orden adecuado de los términos elegidos permite construir una primera definición de disolución, que resume la información básica que aparece en el texto, y con la que el grupo expresa su conformidad:

Profesor: Una disolución es una mezcla que contiene varias sustancias en cantidades variables. Una de ellas sería disolvente y resto solutos (son los componentes). ¿De acuerdo?

Varios: Sí.

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

Se concluye la actividad con la lectura de una nueva idea clave (figura 6.23).

Idea clave: UNA DISOLUCIÓN ES UNA MEZCLA PORQUE CONTIENE DOS O MÁS SUSTANCIAS DIFERENTES EN CANTIDADES VARIABLES.

Figura 6.23. Nueva idea clave de la tarea 2.

La definición de disolución que se ha manejado en la actividad anterior debe completarse para incluir una nueva característica distintiva de este tipo de mezclas, pero *¿cómo reconocer una disolución de otros tipos de mezclas?* Esta es la cuestión que el profesor plantea al grupo y que será objeto de atención en la actividad A.2.6 (figura 6.24).

Idea clave: UNA DISOLUCIÓN ES UNA MEZCLA PORQUE CONTIENE DOS O MÁS SUSTANCIAS DIFERENTES EN CANTIDADES VARIABLES.

Una disolución es una mezcla de sustancias, pero ¿cómo reconocemos una disolución de otros tipos de mezclas? En la siguiente actividad vamos a plantear esta cuestión.

A.2.6. Observa las siguientes imágenes que representan tres mezclas diferentes:



a) En tu opinión, ¿hay alguna disolución entre las mezclas anteriores? En caso afirmativo indica cuál/es.

b) Explica con tus palabras en qué te has basado para diferenciarlas.

Idea clave: UNA DISOLUCIÓN ES UNA MEZCLA PERO NO TODAS LAS MEZCLAS SON DISOLUCIONES.

Autores: Francisco Rodríguez Marín y Ángel Blanco López - mayo 2012 Figura 12

Figura 6.24. Actividad A.2.6 (tarea 2).

Como se observa, esta actividad se acompaña de tres imágenes que representan sendos ejemplos de mezclas de distinto tipo, para que el estudiante discrimine cuál o cuáles de los ejemplos presentados se pueden clasificar como disoluciones, justificando los crite-

rios para esta elección. Se pretende de esta manera, que el estudiante aprenda a reconocer entre mezclas homogéneas y heterogéneas, y desde esta perspectiva, creemos que esta actividad debe vincularse con la capacidad para *describir y explicar fenómenos científicamente*.

El profesor pide a E23 que describa lo que va viendo en cada imagen, proceso en el que participan de manera espontánea otros estudiantes; seguidamente le pide que explique al grupo lo que demanda la actividad. La actividad se realiza de forma rápida y el docente puede constatar que todos los estudiantes eligen la tercera imagen como ejemplo de disolución; también puede comprobar que muchas de los razonamientos utilizados en las explicaciones apuntan en la dirección correcta aunque en ocasiones revelan falta de rigor o precisión, como puede apreciarse en las siguientes respuestas:

«Porque las sustancias que la componen están disueltas, a diferencia de la A y la B no están disueltas» (E06).

«Porque en la C las sustancias se ha mezclado unas con otras, mientras que en las otras dos las sustancias se han ido “poniendo por capas”, por separado» (E15).

«Yo he elegido la C porque parece que se han mezclado y ya no se ven...» (E16).

«Pues simplemente que en A y B los componentes no están mezclados sino separados y en la C sí están mezclados» (E18).

Como resulta evidente no se pretende que los estudiantes manejen explicaciones científicas de calidad (se ha de recordar que la caracterización de las disoluciones como mezclas de tipo homogéneo aún no se ha abordado), sino más bien conocer el estado de opinión al respecto. Aún así, el análisis de los cuadernos revela respuestas que podrían considerarse bastante adecuadas, como muestra el trabajo de E12 (figura 6.25).

a) En tu opinión, ¿hay alguna disolución entre las mezclas anteriores? En caso afirmativo indica cuál/es.

Sí, la C.

b) Explica con tus palabras en qué te has basado para diferenciarlas.

Porque en la A y B se pueden ver los componentes y en la C no se pueden apreciar.

Figura 6.25. Respuesta de E12 a la actividad A.2.6 (tarea 2).

El proceso se completa con la lectura de la página 13 del cuaderno de trabajo (figura 6.26) en la que se introduce la caracterización y diferenciación entre mezcla homogénea

y heterogénea, conceptos químicos que fundamentan el trabajo que vienen realizando los estudiantes.

En la anterior actividad puedes apreciar dos tipos diferentes de mezclas. La imagen A y la imagen B representan mezclas donde puedes reconocer a simple vista "partes diferenciadas", es decir, las distintas partes que forman el sistema. En lenguaje químico se denominan **mezclas heterogéneas**.

Por ejemplo, en la imagen B puedes observar dónde se encuentra el agua y dónde el aceite, por lo que la composición no es la misma en todas las partes de la mezcla. Lo mismo ocurriría con el sistema representado en la imagen A.



Idea clave: EN UNA MEZCLA HETERÓGENA LAS SUSTANCIAS APARECEN SEPARADAS FÍSICAMENTE.
(por eso se reconocen fácilmente)

La imagen C representa un tipo distinto de mezcla donde no se aprecia a simple vista que haya "partes diferenciadas". Este segundo tipo recibe el nombre de **mezclas homogéneas** porque presenta un aspecto o apariencia uniforme. Las disoluciones son mezcla homogéneas.

En la imagen C no puedes apreciar los constituyentes mezclados ya que se encuentran distribuidas homogéneamente por todo el sistema, por lo que la composición es la misma en cualquier parte.



Idea clave: UNA DISOLUCIÓN ES UNA MEZCLA PERO UNA MEZCLA HOMOGÉNEA.
(con apariencia y composición uniformes)

Recuerda que hemos acudido a la química para obtener los conocimientos científicos que nos permitan entender mejor qué tipo de sistema material es el agua de bebida embotellada. Es hora de que volvamos a nuestro mundo cotidiano y a nuestra botella de agua.

A.27. El agua de bebida embotellada es una mezcla de distintas sustancias. Por otro lado hemos estudiado distintos tipos de mezclas. En tu opinión, ¿con qué tipo de mezclas identificarías el agua embotellada? Justifica tu elección.

Página 13

Figura 6.26. Actividad A.2.6 (tarea 2).

Manteniendo la misma dinámica anterior, el profesor opta porque intervengan varios estudiantes para que lean los distintos párrafos llamando la atención sobre las ideas más importantes, que pide que queden subrayadas. Una vez más el profesor no registra ninguna pregunta de especial relevancia. Los conceptos químicos introducidos son relativamente simples y aparentemente los estudiantes no manifiestan ninguna dificultad sobre las cuestiones planteadas.

«He pedido a los estudiantes que tras la lectura de los conceptos químicos vuelvan a revisar sus respuestas. Reconocen claramente las imágenes A y C como mezclas heterogéneas. Le pido que observen cómo la imagen C presenta las características de homogeneidad que se exige a las disoluciones. Se muestran de acuerdo».

(Diario del profesor observador)

Seguidamente se procede con la lectura de las tres ideas clave que han ido apareciendo a lo largo de estas dos actividades (figura 6.27), situación que aprovecha el profesor para recordar que el objetivo de esta tarea que venimos realizando es la de “clasificar químicamente” el agua de bebida embotellada.

Idea clave: UNA DISOLUCIÓN ES UNA MEZCLA PERO NO TODAS LAS MEZCLAS SON DISOLUCIONES.



Idea clave: EN UNA MEZCLA HETERÓGENEA LAS SUSTANCIAS APARECEN SEPARADAS FÍSICAMENTE. (por eso se reconocen fácilmente)



Idea clave: UNA DISOLUCIÓN ES UNA MEZCLA PERO UNA MEZCLA HOMOGÉNEA. (con apariencia y composición uniformes)

Figura 6.27. Las tres últimas ideas clave de la tarea 2.

El profesor presenta la actividad A.2.7 (figura 6.26), una actividad de aplicación directa de los contenidos químicos recién trabajados. El objetivo es que el estudiante identifique el sistema material “agua de bebida embotellada” con uno de los dos tipos de mezclas analizadas, justificando la elección. Desde el punto de vista de la competencia científica se trata de una actividad ligada a la capacidad de *aplicar los conocimientos de la ciencia a una situación determinada*, tal como se ha indicado al comienzo de la descripción de esta sesión.

Se trata de una actividad de fácil ejecución y que en opinión del profesor no debe presentar dificultad alguna. El grupo dedica varios minutos a completar la actividad y el profesor comprueba, tal como esperaba, que se desarrolla correctamente por lo que decide que no se corrija en clase, y así lo manifiesta al grupo.

Como ejemplo, seguidamente se muestra la respuesta de E19, que consideramos bastante adecuada (figura 6.28).

A.2.7. El agua de bebida embotellada es una mezcla de distintas sustancias. Por otro lado hemos estudiado distintos tipos de mezclas. En tu opinión, ¿con qué tipo de mezclas identificarías el agua embotellada? Justifica tu elección.

Mezclas homogéneas. Porque no se aprecia a simple vista que haya partes diferenciadas.

Figura 6.28. Respuesta de E19 a la actividad A.2.7 (tarea 2).

«No hay nada reseñable para las actividades A.2.6 y A.2.7. Se trata de actividades sencillas y como era de esperar todos los estudiantes las contestan adecuadamente, apareciendo también justificaciones muy acertadas»

(Diario del profesor observador)

Las dos actividades que cierran esta tarea persiguen un objetivo común: se trata de aplicar los conceptos aprendidos para terminar de caracterizar correctamente los sistemas materiales “agua de bebida embotellada” y “agua del grifo” desde la perspectiva química (figura 6.29).

Para finalizar esta tarea vamos a tratar de aplicar los conocimientos que hemos ido aprendiendo sobre química al caso del agua embotellada y así poder dar respuesta a la pregunta que nos planteábamos al principio de esta tarea: ¿qué es, desde el punto de vista químico, el agua embotellada?

A.2.8. Con los términos que aparecen en el cuadro siguiente confecciona un esquema que resuma lo mejor posible lo que conocemos sobre el agua embotellada.



mezcla, componentes, disolvente, solutos, sales minerales, cantidades variables, homogénea, aspecto uniforme, pura, disolución.

El agua de bebida embotellada desde el punto de vista químico

}

- Químicamente el agua embotellada es una mezcla que contiene distintas sustancias.

A.2.9. ¿Y el agua del grifo? ¿Dirías que el agua del grifo es también una disolución desde el punto de vista químico? ¿Por qué?

Autor: Francisco Rodríguez Voz y Ángel Estero López • mayo 2012. Página 14

Figura 6.29. Actividades finales de la tarea 2.

La actividad A.2.8 debe considerarse de especial interés pues sintetiza la respuesta al interrogante *¿qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?*, uno de los interrogantes organizadores planteados para estructurar el desarrollo de la secuencia (véase tabla 5.5 en capítulo V).

En opinión del profesor se trata de una actividad más “exigente” que las anteriores pues necesita que el estudiante revise la información proporcionada a lo largo de la tarea y la aplique al contexto del agua de bebida. Para orientar el trabajo se presenta una serie de términos, aunque de manera desordenada, relacionados con los aspectos básicos de las disoluciones (ya analizados) con el fin de que los estudiantes construyan una serie de frases coherentes a partir de ellos. Las afirmaciones así construidas se utilizarán, a su vez, para confeccionar un esquema sobre las características químicas del agua embotellada que resuma lo visto hasta ahora; en nuestra opinión, debe entenderse como una actividad para promover la capacidad para *describir y explicar fenómenos científicamente*.

El estudiante E06 se encarga de leer el enunciado y explicar la actividad al grupo. Dado su interés el profesor dedica unos momentos a comentar el ejemplo incluido para que sirva de guía y ayude a los estudiantes a comprender lo que se les demanda. A la pregunta de si comprenden lo que deben hacer el grupo le contesta que Sí, tras lo cual el profesor deja a los estudiantes tiempo para que la desarrollen.

«Salvo el grupito de siempre el resto se esfuerza por completarla. Es la primera actividad en la que me hacen algunas preguntas, la mayoría sobre si lo están haciendo bien. Como era de esperar esta actividad les resulta más compleja».

«Me han pedido más tiempo para acabar el esquema. Resulta una actividad más larga de lo previsto. La clase está muy avanzada y no vamos a poder trabajar la A.2.9».

(Diario del profesor observador)

Seguidamente se muestra el esquema elaborado por E03 (figura 6.30).

**El agua de bebida
embotellada desde el
punto de vista químico**

- Químicamente el agua embotellada es una mezcla que contiene distintas sustancias.
- El agua embotellada está formada por varias componentes formando una disolución.
- Los componentes ^{son} {
 - disolvente: es lo que disuelve (agua)
 - solute: es lo que se disuelve (sales...)
- Podemos preparar una disolución utilizando cantidades variables de las sustancias participantes.
- La disolución (como lo que se experimenta en el agua embotellada) es un tipo de mezcla homogénea, ya que "no se aprecia a simple vista que haya partes diferenciadas"; es decir, presenta un aspecto o apariencia uniforme.
- El agua desde el punto de vista químico es una sustancia pura, ya que no está formada por solo un tipo de sustancia, sino por varias (agua, sales...)

Figura 6.30. Respuesta de E03 a la actividad A.2.8 (tarea 2).

El análisis de los cuadernos de trabajo revela, de forma generalizada, la falta de concreción que demanda la actividad, con referencias demasiado genéricas a los atributos básicos de las disoluciones y, por el contrario, escasas referencias al sistema “agua embotellada”. La siguiente respuesta de E24, representativa de otras muchas, ilustra lo indicado (figura 6.31).

**El agua de bebida
embotellada desde el
punto de vista químico**

- Químicamente el agua embotellada es una mezcla que contiene distintas sustancias.
- Las sustancias que mezclamos para la disolución son los componentes
- La sustancia que se encuentra en mayor cantidad es el disolvente
- La sustancia que se encuentra en menor cantidad es el soluto
- El agua contiene sales minerales.
- Para preparar disoluciones necesitamos utilizar cantidades variables de sustancias.
- Una mezcla homogénea es una disolución con aspecto uniforme.
- El agua embotellada no es pura
- Una disolución es una mezcla porque contiene dos o más sustancias diferentes en cantidades variables.

Figura 6.31. Respuesta de E24 a la actividad A.2.8 (tarea 2).

El profesor no tiene constancia de que estos alumnos y alumnas hayan trabajado anteriormente con contenidos de ciencia en contextos cotidianos, por lo que va a dedicar los próximos minutos a insistir con el grupo cómo los conocimientos químicos nos pueden ayudar a conocer y describir mejor los productos que habitualmente utilizamos, en nuestro caso el agua de bebida.

A tal fin, y como complemento al trabajo desarrollado por los estudiantes, el profesor les entrega un esquema–modelo, confeccionado por el propio docente, que sintetiza los principales aspectos en relación con la caracterización química del agua embotellada, y que debe quedar archivado en el cuadernillo formando parte de la tarea 2 (figura 6.32).

Por turnos, las alumnas E15 y E05 proceden a la lectura de la lista de afirmaciones que aparecen en este esquema, a la vez que el profesor interviene frecuentemente para matizar y comentar las principales ideas que van surgiendo. Con esta insistencia se persigue que los estudiantes repasen los principales argumentos por los que el sistema material “agua de bebida embotellada” se puede describir como una disolución desde el punto de vista de la química. Para concluir la actividad el profesor deja los minutos finales de clase para que los estudiantes revisen y completen sus respuestas (aunque les recuerda que no borren nada de lo ya escrito).

EL AGUA EMBOTELLADA COMO SISTEMA MATERIAL**EL PUNTO DE VISTA QUÍMICO**

- ✓ *El agua embotellada no es “pura” desde el punto de vista químico sino una mezcla de diferentes sustancias.*
- ✓ *Aunque el agua es el componente principal, “no solo hay agua en la botella”, también contiene otros componentes como distintos tipos de sales disueltas.*
- ✓ *En esta mezcla el agua es el disolvente y las sales disueltas son los distintos solutos.*
- ✓ *Las sales que el agua lleva disueltas no son siempre las mismas ni tampoco las cantidades: cada tipo de agua embotellada tiene una composición diferente.*
- ✓ *El agua embotellada es una mezcla homogénea, presenta un aspecto o apariencia uniforme, por eso*
 - *Si tomas una porción de agua embotellada no podrás distinguir las sustancias que lleva disueltas, incluso utilizando el más potente de los microscopios: “parece solo agua”.*
 - *Si tomas una porción de agua embotellada y la observas con atención no podrás apreciar en ella partes distintas: “es lo mismo de transparente por todos lados”.*
- ✓ *Por todo ello concluimos que el agua embotellada es, desde el punto de vista químico, una disolución de sales minerales en agua.*

Figura 6.32. Respuesta a la actividad A.2.8 confeccionada por el profesor.

Con esta síntesis se pretende que los estudiantes sean capaces de elaborar una respuesta lo más fundamentada posible a la pregunta que se planteó al inicio de esta tarea: *¿qué es, desde el punto de vista químico, el agua embotellada?*, objetivo con el cual se planteó la tarea 2.

La sesión finaliza sin que haya sido posible desarrollar la actividad A.2.9 prevista para hoy. De esta manera, el desarrollo de la secuencia comienza a alejarse de la temporalización teórica prevista, iniciándose un cierto retraso en su desarrollo, circunstancia que el profesor registra en su cuaderno de clase:

«No se ha podido completar las actividades programadas para hoy debido a la puesta en común que he realizado en la actividad A.2.5 (no prevista) y el mayor tiempo requerido para completar la A.2.8. No he podido completar la actividad A.2.9. Salvo este hecho no he detectado incidencias significativas en el desarrollo de la sesión».

(Diario del profesor observador)

En cuanto a la valoración de la sesión de hoy y posibles propuestas de cambio incluimos el siguiente extracto del diario de clase que muestra la opinión del profesor participante:

«Hoy me he sentido especialmente satisfecho por el desarrollo de la sesión y por el interés mostrado por los chicos. Creo que las actividades han funcionado adecuadamente; en mi opinión no es necesario introducir ningún cambio, salvo quizá valorar incluir algún ejemplo de cómo proceder en la actividad A.2.5».

«Confirmando que el sitio donde voy colocando estos pequeños resúmenes que llamo “ideas clave” no es el más adecuado. He detectado que algunos estudiantes los están utilizando para encontrar la respuesta a varias actividades».

(Diario del profesor observador)

6.2.4. SESIÓN 4

Contenido de la sesión

Miércoles, 9 de mayo de 2012	13:45 h – 14:45 h	Laboratorio de Química	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 4			
TAREA 2: ¿QUÉ ES EL AGUA EMBOTELLADA? (continuación)			
Interrogante abordado: ¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC ^(*)
Finalización actividad A.2.8. (iniciada en la sesión núm. 3).			
A.2.9. El estudiante debe responder de manera justificada a la pregunta ¿Es el agua del grifo una disolución?	Trabajo individual. Puesta en común.	<ul style="list-style-type: none">– Aplicar los nuevos conocimientos a una determinada situación cotidiana.– Comprender que “el agua del grifo” se caracteriza con los atributos básicos de una disolución en terminología química.– Valorar la contribución de la ciencia para comprender aspectos cotidianos.	Explicación científica de fenómenos. <ul style="list-style-type: none">– E1
TAREA 3: ¿DÓNDE ESTÁ LA SAL?			
Interrogante abordado: ¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	C.C.
A.3.1. Lectura de un texto científico en el que se plantea la conservación de la identidad de las sustancias en una disolución y la reversibilidad del proceso como el fundamento de los métodos de separación de los componentes de una mezcla.	Lectura individual y explicación del profesor	<ul style="list-style-type: none">– Identificar argumentos a favor de una conclusión en un texto científico escolar.– Comprender que la disolución es un proceso reversible, pudiendo separarse los componentes que forman la mezcla.– Conocer la utilidad de los métodos de separación de los componentes de una mezcla.	Utilización de pruebas científicas. <ul style="list-style-type: none">– U1 Explicación científica de fenómenos. <ul style="list-style-type: none">– E2
A.3.2. El profesor con la colaboración de varios estudiantes realiza una experiencia práctica sobre métodos de separación: filtración. Análisis de la idoneidad de esta técnica para la separación de los componentes de una disolución.	Experiencia de cátedra.	<ul style="list-style-type: none">– Aplicar el método POE para el análisis de una situación física sencilla.– Comprender el fundamento físico de la filtración como método de separación de mezclas.– Entender que los procedimientos físicos de separación basados en acciones mecánicas no son adecuados para separar los componentes de una disolución.	Explicación científica de fenómenos. <ul style="list-style-type: none">– E2
A.3.3. El profesor con la colaboración de varios estudiantes realiza una experiencia práctica sobre evaporación a sequedad. Análisis del resultado obtenido.	Experiencia de cátedra.	<ul style="list-style-type: none">– Aplicar el método POE para el análisis de una situación física sencilla.– Comprender el fundamento físico de la evaporación como método de separación de mezclas.– Reconocer que los procedimientos físicos de separación basados en cambios de estado (métodos térmicos) son adecuados para separar los componentes de una disolución.– Valorar la importancia de los métodos de separación y que no todos los procedimientos de separación son adecuados para todas las mezclas.	Explicación científica de fenómenos. <ul style="list-style-type: none">– E2

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

La tarea 3 lleva por título *¿Dónde está la sal?* y profundiza en el estudio de las disoluciones al presentar aspectos relacionados con el proceso de disolución. En la tarea 2 hemos contemplado las disoluciones desde un punto de vista que podemos llamar pasivo, es decir, como sistema material cuyas propiedades queremos describir, aunque particularizado en el agua de bebida embotellada. En contraste, en la tarea 3 se centra la atención en el acto de disolver, esto es, en los procesos por los que una sustancia se disuelve en otra y las razones de que así sea, lo que supone una descripción de las disoluciones desde un punto de activo (Blanco, 2000).

Los contenidos de ciencia necesarios para el desarrollo de esta tarea se presentan estructurados en dos partes; en la primera se examina si se conserva la identidad de una sustancia en el proceso de disolución, lo que llevará de manera natural a presentar posibles métodos físicos de separación de mezclas basados en la reversibilidad de dicho proceso. En la segunda parte, se presenta un modelo científico para tratar de justificar, en términos de partículas submicroscópicas, cómo y por qué una sustancia se disuelve en agua, si bien este modelo quedará ejemplificado para el caso concreto de la sal común (sólido de naturaleza iónica).

Descripción de la sesión

El profesor comienza la clase agradeciendo de forma sincera el esfuerzo y participación del grupo en el desarrollo de esta innovación educativa. Informa al grupo que de acuerdo a cómo transcurrió la sesión de ayer la actividad A.2.9 no pudo desarrollarse y pide a los estudiantes que la completen ahora. Sin embargo, antes de proceder con ella les pide que lean de nuevo el esquema entregado en dicha sesión, acerca de la caracterización química del agua de bebida embotellada. Tras estos instantes iniciales el profesor recuerda la principal conclusión que los estudiantes deben haber aprehendido del desarrollo de estas últimas actividades: *químicamente el agua embotellada es una mezcla homogénea que contiene cantidades variables de sustancias disueltas, en particular, distintos tipos de sales minerales.*

Para presentar la actividad A.2.9 (figura 6.29) el profesor plantea la pregunta *¿Es también el agua del grifo una disolución?*, esto es, si es posible aplicar las anteriores definiciones químicas al caso del sistema material “agua del grifo”. Responder de manera fundamentada a esta cuestión es el objeto de esta nueva actividad con la que se concluye la tarea 2. Pide a los estudiantes que lean el enunciado y les pregunta si comprenden lo que se les demanda. Los estudiantes responden que *Sí*, y el profesor les deja unos minutos para que completen la actividad, anunciando que no se va a corregir en clase.

“Me ha costado que el grupo comience a trabajar posiblemente por ser la última hora lectiva. El grupo está algo disperso... La actividad debe resultar sencilla pero parece que no hay “ganas”. Bastantes estudiantes se limitan a copiar de otros compañeros. Les pregunto si entienden lo que tienen que hacer y me dicen que “Sí”, pero no cambian su actitud».

(Diario del profesor observador)

El análisis de los cuadernos revela que para dos de los participantes el sistema “agua del grifo” no puede considerarse ejemplo de disolución. Seguidamente se muestran sus respuestas a esta cuestión que reflejan que no entendieron la finalidad de la actividad, o bien, no acabaron comprender las características de las mezclas homogéneas:

«No porque contiene otras sustancias diferentes» (E13).

«No porque al echarlas en un vaso se aprecian (¿?)» (E21).

El resto del grupo concluyó que Sí, no obstante, la calidad de las explicaciones científicas ofrecidas por los estudiantes está algo lejos de lo esperado por el profesor, en relación a lo trabajado en actividades previas. Así, muchas respuestas carecen de justificación, se muestran incompletas o exhiben un pobre manejo del lenguaje científico apropiado, aunque otras pocas pueden considerarse bastante acertadas. Las siguientes respuestas literales de los estudiantes muestran esta situación, en una gradación de menor a mayor calidad:

«Sí es una disolución porque no se aprecian a simple vista las sustancias porque están disueltas» (E02).

«Yo pienso que el agua del grifo sí es una disolución» (E05).

«El agua del grifo también es una disolución ya que su aspecto es uniforme y no se diferencia sus partes y componentes» (E09).

«Yo creo que sí porque también es una mezcla y están disueltas» (E14).

«Sí porque también es homogénea igual que la embotellada» (E15).

«Sí, pues porque también tiene distintos componentes mezclados» (E18).

«Sí porque sus componentes están disueltos» (E17).

Finalmente, hemos elegido como más representativa la respuesta de E03 pues trata de ofrecer una respuesta más contextualizada, conforme a lo demandado (figura 6.33).

A.2.9. ¿Y el agua del grifo? ¿Dirías que el agua del grifo es también una disolución desde el punto de vista químico? ¿Por qué?
Sí, porque está formada por un disolvente (agua) y soluto (café) formando una mezcla homogénea.

Figura 6.33. Respuesta de E03 a la actividad A.2.9 (tarea 2).

En la prueba específica de evaluación (como se verá en el capítulo 7) se incluirá una cuestión de estructura similar a la ahora planteada, para tratar de valorar el grado de adquisición de estos contenidos que se consideran fundamentales en el desarrollo de la propuesta.

Para dar comienzo a la tarea 3 el profesor dispone en un pupitre, delante de los estudiantes, un frasco con agua destilada, un vaso de precipitados, un paquete de sal común y una cucharilla, mientras cuenta al grupo lo que se dispone a hacer. El profesor aprovecha esta situación para informar que el agua destilada puede considerarse para nuestros efectos como “agua pura”, y repasa con los estudiantes lo que se entiende por sustancia pura en el ámbito de la ciencia. Comunica que aquéllos estudiantes que deseen conocer algo más acerca del agua destilada pueden realizar la tarea complementaria C.2.1 titulada *¿Existe el agua pura?*, con carácter voluntario.

Comienza a preparar una disolución bastante concentrada de sal común en agua, situación que divierte a los estudiantes y que propicia un ambiente entretenido. Mientras prepara esta disolución el profesor realiza varias preguntas al grupo:

Profesor: *Esto es una mezcla, ¿verdad?*
¿Creéis que la sal se disolvería por sí sola?
¿Es necesario agitar?
¿Qué consigo agitando la mezcla?
¿Qué creéis que estoy preparando?
¿Es esto una disolución?
Parece solo agua, ¿verdad?
¿Es homogénea? ¿Por qué?

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

Muchos de los estudiantes entran en esta dinámica y contestan a las cuestiones que va planteando el profesor de manera correcta.

«El ambiente es distendido, los estudiantes están animados y se muestran participativos; observo que muchos contestan correctamente a las preguntas que les voy formulando».

(Diario del profesor observador)



Tras preparar y presentar la disolución el profesor se dirige a los estudiantes y les pregunta, señalando al vaso que la contiene: *¿Dónde está la sal?*, que intencionalmente coincide con el título de la tarea 3 que ahora comienza. Seguidamente, presenta y explica a grandes rasgos, la finalidad de esta nueva tarea. Para su desarrollo el profesor vuelve a apostar por la misma forma de trabajo de las sesiones anteriores, de forma que los estudiantes colaboran con la lectura en voz alta de los distintos

párrafos y de los enunciados de las actividades propuestas que son, normalmente matizados o explicados por el profesor.

El estudiante *E16* da comienzo a la tarea con la lectura de los párrafos introductorios de la página 16 del cuaderno de trabajo (figura 6.34), en los que se plantea la necesidad de acudir al conocimiento químico para poder explicar qué le ocurre a una sustancia en el proceso de disolución.

TAREA 3: ¿DÓNDE ESTÁ LA SAL?

En la tarea anterior concluimos que el agua de bebida embotellada contiene distintos tipos de sales minerales disueltas en el agua. El objetivo de esta tarea **es explicar el proceso de disolución** (el acto de disolver). Para ello utilizaremos un modelo sencillo que nos ayude a explicar cómo estas sales minerales quedan disueltas en el agua.

Volvamos, una vez más, al “mundo de la Química” para seguir profundizando en el estudio de las disoluciones. Recuerda que en la actividad 2.5 preparamos una disolución añadiendo unos cristallitos de sal común a un vaso con agua. Durante el proceso pudiste observar cómo la sal había dejado de verse. Ahora queremos conocer, desde el punto de vista químico, qué le sucede a la sal cuando se disuelve.

El siguiente texto recoge una breve conversación entre Alberto, Lucía, Santiago y el profesor sobre esta cuestión:

- ¿Dónde está la sal? - preguntó el profesor al grupo.
- Pues que la sal ya no está, ha desaparecido, o yo por lo menos no la veo - dijo Alberto.
- Pero no puede desaparecer así, sin más, yo creo que la sal se ha tenido que convertir en agua. - dijo Santiago.
- Pero entonces si pruebas el contenido del vaso no debería saber a nada y esto está salado. - dijo Lucía tras mojar los labios en el vaso.
- Entonces, ¿qué se deduce del sabor salado? - volvió a preguntar el profesor.
- Yo creo que la sal sigue ahí pero de otra manera. - explicó Lucía.
- Pero si sigue ahí, ¿por qué no se ve? - insistió de nuevo Alberto.
- Eso no lo sé. - respondió Lucía.

A.3.1. Lee el siguiente texto y responde a la pregunta:



*Lucía tiene razón, la sal ni se ha ido, ni se ha evaporado, ni se ha fundido, ni se ha transformado en líquido; la sal tampoco ha desaparecido, sigue estando ahí, aunque como dice ella “de otra forma”, o como dicen los químicos **disuelta en el agua**. Sin embargo, no es posible verla ni siquiera utilizando el más potente de los microscopios pero sabemos que sigue ahí.*

El sabor salado de la disolución nos está indicando que la “sustancia sal”, aunque no se vea, permanece en la disolución (recuerda que el sabor salado es una propiedad característica de la sal pero no del agua).

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanes López - mayo 2012

Página 16

Figura 6.34. Tarea 3: ¿Dónde está la sal?

Explicar el proceso de disolución en términos de partículas submicroscópicas tal como se pretende, requiere que el estudiante reconozca previamente, entre otros aspectos, la conservación de la identidad de sustancia en el proceso. Se prestará especial atención a este requisito en la primera actividad de esta tarea (actividad A.3.1).

Como preparación previa para el desarrollo de esta actividad el profesor pide al grupo que lea con detenimiento el diálogo de la página 16 del cuadernillo (figura 6.35).

- ¿Dónde está la sal? - preguntó el profesor al grupo.
- Pues que la sal ya no está, ha desaparecido, o yo por lo menos no la veo - dijo Alberto.
- Pero no puede desaparecer así, sin más, yo creo que la sal se ha tenido que convertir en agua. - dijo Santiago.
- Pero entonces si pruebas el contenido del vaso no debería saber a nada y esto está salado. - dijo Lucía tras mojar los labios en el vaso.
- Entonces, ¿qué se deduce del sabor salado? - volvió a preguntar el profesor.
- Yo creo que la sal sigue ahí pero de otra manera. - explicó Lucía.
- Pero si sigue ahí, ¿por qué no se ve? - intervino de nuevo Alberto.
- Eso no lo sé. - respondió Lucía.

Figura 6.35. Diálogo previo preparatorio para la actividad A.3.1 (tarea 3).

Este breve diálogo representa una hipotética conversación entre el profesor y varios estudiantes en la que se plantea si la sal sigue existiendo como tal sustancia, “sigue siendo sal”, tras la disolución. De forma intencional, y a pesar de su sencillez, el diálogo recoge algunas de las concepciones que tienen los alumnos y alumnas sobre este tema, de acuerdo con distintas investigaciones consultadas y que suelen dificultar la delimitación correcta del concepto de disolución. Así, distintos estudios han constatado cómo el término “disolverse” es visto por ciertos estudiantes como un proceso en el que tras agitar un sólido en el seno del agua u otro líquido aquel se funde, se derrite, desaparece o se convierte en agua. De la misma manera, otro de los términos más utilizados por los estudiantes para explicar lo que le sucede al soluto cuando se disuelve es desaparecer: la sustancia simplemente “desaparece” (Blanco, 1995; Blanco, 2000).

El profesor y los estudiantes E02, E11 y E19 escenifican el diálogo, situación que resulta bastante divertida y que da lugar a intervenciones espontáneas por parte de otros estudiantes en relación a lo que allí se dice. A la pregunta del profesor de si creen que *la sal se ha tenido que convertir en agua*, tal como defiende unos de los participantes en el diálogo, el grupo mayoritariamente contesta que *No*, asumiendo rápidamente la falsedad de esta afirmación; a la pregunta de si creen que *la sal ha desaparecido* como sostiene otro de los participantes, la mayoría de los estudiantes contestan que *No*, algunos de los cuales solicitan al profesor “beber del vaso” para confirmarlo, y a lo que el profesor accede de manera controlada. Esta situación improvisada es aprovechada por el docente para recordar el peligro que puede suponer probar productos de laboratorio sin conocer su origen y pide a los estudiantes que extremen la precaución a este respecto.

«Parece que la mayoría de los estudiantes asume la idea de conservación de la sustancia en el proceso; los estudiantes emplean la noción de “desaparecer” en el sentido de “dejar de verse” y no como “dejar de existir... Parece que no hay dudas respecto a que la “sal sigue ahí”».

(Diario del profesor observador)

Para afianzar la idea de conservación de la sustancia se procede con la lectura del texto presentado en la actividad A.3.1 (figuras 6.34 y 6.36). El objetivo principal de esta actividad es la de presentar evidencias con las que se pueda afirmar que el soluto (la sal en nuestro caso) sigue existiendo como tal sustancia en la disolución. De esta manera, se pretende que los estudiantes trabajen en el uso de pruebas para sustentar o defender una justificación dada, otra de las habilidades básicas relacionadas con el desarrollo de competencias científicas, y cuyo fomento en el aula se considera básico para la formación científica del alumnado (Jiménez Alexaindre, 2010).

Además, si dispones de una balanza suficientemente sensible puedes comprobar que el peso del raso con la disolución de agua y sal, es igual al peso del raso con el agua más el peso de la sal disuelta.

Como la "sustancia sal" mantiene su identidad en la disolución, es posible recuperar toda la sal disuelta, es decir, podemos volver a separar el agua de la sal utilizando algunos métodos de separación de mezclas.

Los métodos de separación de mezclas son un conjunto de procesos o técnicas que permiten separar los componentes de una mezcla. Esta separación sólo es posible recurriendo a las propiedades físicas de las sustancias que componen la mezcla, dado que las mismas conservan su identidad.

Como podéis imaginar existen diferentes procedimientos de separación y su selección dependerá del tipo de mezcla y de la finalidad de la separación, pudiendo ocurrir que un método sea adecuado para una determinada mezcla pero no para otra.

a) Según el texto indica qué pruebas nos permitirían confirmar que la sal "sigue ahí" aunque "permanezca invisible".

b) Según lo que has leído en el texto qué quiere decir la frase "La disolución de la sal en el agua es un proceso reversible".

Idea clave: EN UNA DISOLUCIÓN CADA SUSTANCIA MANTIENE SU IDENTIDAD AUNQUE ALGUNAS DE ELLAS DEJEN DE VERSE. (mezcla homogénea)

Idea clave: EN UNA DISOLUCIÓN PODEMOS SEPARAR LAS SUSTANCIAS MEZCLADAS USANDO LA TÉCNICA DE SEPARACIÓN ADECUADA.

Como hemos visto la sal "sigue ahí", disuelta en el agua, como lo demuestra su sabor salado. Por eso, en la siguiente actividad nos vamos a plantear cómo recuperar la sal del agua salada, es decir, cómo separar la sal del agua. Como existen diferentes pro-

Autores: Francisco Rodríguez Morán y Ángel Romero López - mayo 2012

Página 17

Figura 6.36. Actividad A.3.1 de la tarea 3.

E06, E14 y E24 se encargan de la lectura de los distintos párrafos. El cuarto párrafo del texto es explicado de forma más detallada por el profesor, pues introduce la idea de reversibilidad del proceso de disolución y la posibilidad, por tanto, de poder recuperar la sal disuelta mediante el adecuado método de separación. En cualquier caso, el profesor pregunta frecuentemente al grupo si entienden el contenido del texto, pero ninguno de los participantes solicita aclaración alguna.

Terminada la lectura el profesor pide que, individualmente, se conteste a las dos cuestiones que plantea la actividad. El profesor se encarga de leer la primera cuestión que demanda del estudiante que encuentre en el texto recién leído los motivos que permitan asegurar que la “sal sigue ahí”. Por tanto, debe vincularse con la capacidad de *interpretación de datos y pruebas científicas* en relación con el desarrollo de la competencia científica.

La utilización de pruebas como actividad de clase no es algo a lo que los estudiantes estén habituados y se muestran confundidos con lo que se les demanda; ante esta situación, el profesor decide ayudar al grupo leyendo otra vez el segundo párrafo del texto, y constata cómo *E17* hace referencia al sabor salado del agua como una posible prueba de la presencia de sal disuelta, lo que parece guiar y animar al resto. Después de unos minutos de trabajo el profesor corrige la actividad, ayudado por varios estudiantes que participan de manera espontánea, y puede advertir que la mayoría del grupo ha identificado correctamente las otras dos evidencias que aparecen en el texto: pesar y separar mediante métodos físicos adecuados.

A modo de ejemplo, a continuación, se recoge la respuesta que elabora *E13* a esta cuestión (figura 6.37).

- a) Según el texto indica qué pruebas nos permitirían confirmar que la sal “sigue ahí” aunque “permanezca invisible”.
- El sabor salado de la disolución.
 - El peso del vaso con la disolución de agua y sal.
 - Los métodos de separación.

Figura 6.37. Respuesta de *E13* a la cuestión a) de la actividad A.3.1 (tarea 3).

El profesor pide a *E17* que lea el enunciado de la segunda cuestión. Como aparece la palabra reversible en el enunciado, pregunta al grupo si conoce su significado. *E03* aporta un sentido para este término bastante correcto: *que se puede volver a poner como estaba antes*, que el profesor repite y pide al grupo que tenga en cuenta esta aportación para contestar a la cuestión. Consideramos que esta actividad contribuye al desarrollo de la competencia de *explicar fenómenos científicos*. Tras varios minutos para que los estudiantes la completen se procede a su corrección no observando el profesor aspectos que destacar; la respuesta de *E15* se muestra seguidamente (figura 6.38).

- b) Según lo que has leído en el texto qué quiere decir la frase “La disolución de la sal en el agua es un proceso reversible”.
- Significa que lo mismo que se mezclan agua y sal, cuando ya la tienes mezclada se puede separar: el agua por un lado y la sal por otro.

Figura 6.38. Respuesta de *E15* a la cuestión b) de la actividad A.3.1 (tarea 3).

Para concluir con la actividad A.3.1 el profesor pide a E21 que lea los párrafos finales de esta actividad que incluye las dos ideas clave manejadas hasta ahora en esta sesión (figura 6.39).

***Idea clave: EN UNA DISOLUCIÓN CADA SUSTANCIA MANTIENE SU IDENTIDAD AUNQUE ALGUNAS DE ELLAS DEJEN DE VERSE.
(mezcla homogénea)***

Idea clave: EN UNA DISOLUCIÓN PODEMOS SEPARAR LAS SUSTANCIAS MEZCLADAS USANDO LA TÉCNICA DE SEPARACIÓN ADECUADA.

Figura 6.39. Ideas clave de la tarea 3.

«Después del ejemplo del sabor salado que indica E17 creo que ha quedado claro lo que tienen que hacer. Salvo un par de estudiantes el resto participan activamente en la actividad».

«Se puede probar, se puede pesar y se puede recuperar. Estas son las tres evidencias del texto. La mayoría del grupo responde correctamente a esta cuestión».

«Hago especial hincapié en la reversibilidad del proceso ya que esta idea es el origen de los métodos de separación de mezclas que vamos a abordar en la siguiente actividad. Sigo sin registrar, como en sesiones anteriores, ninguna pregunta relevante acerca de las ideas que van surgiendo».

(Diario del profesor observador)


Trabajada la idea de conservación de la sustancia en disolución, el profesor plantea la pregunta *¿Cómo separar la sal del agua salada?*, que sirve para introducir el siguiente bloque de actividades cuya finalidad es la de presentar posibles métodos para la recuperación de la sal común de la disolución previamente preparada.

En la actividad A.3.2 (figura 6.40) se propone un método de recuperación mediante filtración y se pide a los estudiantes que utilicen la “estrategia POE”, acróstico de predicción, observación y explicación (Palmer, 1995; White y Gunstone, 1992), para que realicen una descripción de este evento sencillo. Las distintas cuestiones que integran esta actividad deben vincularse al desarrollo de la capacidad de *descripción y explicación científica de los fenómenos*.

El profesor presenta y explica la actividad y pide a los estudiantes, que de manera individual, escriban en el cuaderno una predicción de lo que ocurrirá al filtrar el contenido del vaso, y que traten de encontrar una razón de por qué creen que ocurrirá esto.

cedimientos de separación debemos emplear el más adecuado dependiendo de cuál sea nuestra mezcla y de la finalidad de la separación, ya que como hemos dicho no todas las técnicas de separación son útiles para todas las mezclas. Entonces, ¿cuál es la técnica más adecuada para separar la sal del agua? En las siguientes actividades abordaremos esta cuestión.

A.3.2. Vamos a intentar recuperar la sal que hemos disuelto. ¿Y si filtramos la disolución?



a) ¿Crees que podrías recuperar la sal disuelta en el agua de esta manera? Justifica tu respuesta.

¿Por qué no filtramos la disolución?

b) Realiza la experiencia que se propone y obsérvala.

c) ¿Qué ha sucedido?

d) ¿Qué conclusión se obtiene de esta experiencia?

idea clave: LOS COMPONENTES DE UNA DISOLUCIÓN NO SE PUEDEN SEPARAR MEDIANTE ACCIONES MECÁNICAS (como la filtración).

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Esteban López - Mayo 2012 Página 10

Figura 6.40. La actividad A.3.2 (tarea 3).

En relación a la primera cuestión planteada a los estudiantes *¿Crees que podrías recuperar la sal disuelta en el agua de esta manera?*, los resultados obtenidos sorprenden al profesor quien había asumido que la respuesta mayoritaria sería que la filtración no es una técnica de separación adecuada. Sin embargo, puede constatar que un alto porcentaje de estudiantes (alrededor del 77 %) manifiesta que la sal sí debería quedar retenida en el papel de filtro. Para mostrar esta situación se transcribe literalmente una selección representativa de respuestas “incorrectas” obtenidas de los cuadernillos de trabajo:

«Sí, porque la sal se quedaría en el papel de filtro» (E01).

«Sí, porque al pasar el agua por el papel de filtro pasaría el agua y quedaría la sal en el papel» (E07).

«Sí, porque el agua traspasa el filtro pero la sal no» (E10).

«Sí, ya que las pequeñas partículas de sal se quedarían en el filtro» (E11).

«Sí, porque el agua traspasaría el filtro pero la sal no» (E12).

«Creo que sí por el agua pasa por casi todas partes y la sal al estar disuelta es más gorda y no pasará». (E15)

«Sí, porque el agua se quedaría en el filtro y la sal abajo» (E23).

«Sí, porque se filtra el agua y la sal queda aparte» (E24).

Esta sorpresa inicial se puede justificar parafraseando al profesor Blanco: *«...lo que para los textos o los profesores puede parecer simple o evidente en sí mismo no tiene por qué serlo para los alumnos a estas edades»*” (Blanco, 2000; p. 107).

«Creía, ahora veo que erróneamente, que los estudiantes iban a considerar la filtración como un proceso no adecuado. Me he llevado una buena sorpresa porque un alto porcentaje creen que la filtración sí sirve para recuperar la sal».

(Diario del profesor observador)

En el otro extremo, únicamente cuatro de los estudiantes participantes contestan lo esperado, aunque con distinto grado de calidad en sus explicaciones, según se muestra seguidamente:

«No porque la sal está disuelta...y es muy pequeña por lo tanto, me parece que no se separará del agua» (E03).

«No porque la sal es muy pequeña» (E17).

«No porque la sal sigue disuelta en el agua por lo cual no se separaría» (E18).

«No porque la sal se ha disuelto en el agua y la sal va a pasar con ella» (E22).



El profesor continúa con una experiencia de cátedra en la que muestra el proceso de filtración ayudado voluntariamente por E03. Siguiendo la estrategia POE antes citada, les pide que observen lo que está ocurriendo y que lo describan de forma breve en el cuaderno de trabajo.

El siguiente diálogo está extractado literalmente de la grabación de la sesión y revela cómo conduce el profesor el desarrollo de esta experiencia:

Profesor: *¿Si el agua se ha quedado abajo y la sal arriba, que sería la separación, cómo podría yo confirmarlo?*

E22: *Probándolo.*

Profesor: *Una forma sería probando, probando el qué...*

Varios: *El agua de abajo.*

- Profesor: *Entonces si la sal se ha quedado arriba el agua de abajo no debería estar salada, ¿es correcto?*
- E22: *Yo, yo la pruebo maestro.*
- [...]
- E03: *Otra forma sería quitar el filtro...*
- Profesor: *¿Quitar el filtro y ver si está más blanco por la sal retenida?, ¿os parece correcto?*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

Los estudiantes se muestran participativos y muchos están dispuestos a probar el agua filtrada. Algunos de ellos proponen que los mismos que probaron del vaso en la actividad anterior sean los que confirmen si el agua sigue salada tras la filtración. Así se hace, pero el profesor insiste en que lo hagan con cuidado; los alumnos implicados constatan que el agua “sigue salada”.

- Profesor:** *¿Sigue salada o no?*
- Varios: *Síiiii.*
- Profesor: *¿Qué conclusión se puede obtener?*
- E03: *Que no sirve.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)



El profesor pide a E03, quien le ha ayudado en la experiencia, que examine el filtro y este comprueba que no se aprecia a simple vista sal retenida. Enseña el filtro al grupo y varios estudiantes se ofrecen a examinarlo.

- Profesor: *¿Está la sal en el filtro? ¿Se ve la sal en el filtro?*
- Grupo: *No.*
- Profesor: *¿Está más blanco? ¿Se ve sal?*
- Grupo: *No.*
- Profesor: *Por favor, pasadlo y comprobadlo.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

Algunos estudiantes se interesan por el tipo de papel de filtro utilizado. El profesor les explica que este tipo de papel es similar al que se emplea en las cafeteras de filtro. No obstante, el docente no realiza ninguna aclaración sobre cómo se realiza el proceso de filtración o por qué se produce. Este tipo de actividades sí se implementó el pasado curso en la puesta en práctica del estudio preliminar con estudiantes de 3º ESO (véase capítulo IV), pero se ha eliminado en la actual versión de la secuencia.

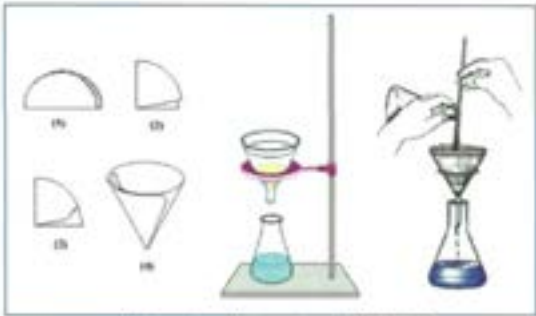
El profesor pide a los estudiantes que para concluir la actividad completen el resto de cuestiones planteadas; particularmente pide que presten especial atención al redactar la conclusión de esta experiencia, que se concreta en una nueva idea clave (figura 6.41).

Idea clave: LOS COMPONENTES DE UNA DISOLUCIÓN NO SE PUEDEN SEPARAR MEDIANTE ACCIONES MECÁNICAS (como la filtración).

Figura 6.41. Idea clave relacionada con la filtración de una disolución.

Para finalizar la descripción de esta actividad se muestra en la figura 6.42 el trabajo que desarrolla E02.

A.3.2. Vamos a intentar recuperar la sal que hemos disuelto. ¿Y si filtramos la disolución?



¿Por qué no filtramos la disolución?

a) ¿Crees que podrías recuperar la sal disuelta en el agua de esta manera? Justifica tu respuesta. *Si porque la sal se ha disuelto en el agua y se a pasar con ella*

b) Realiza la experiencia que se propone y obsérvalo.

Que la sal estaba disuelta y el agua sigue salada

c) ¿Qué ha sucedido?

d) ¿Qué conclusión se obtiene de esta experiencia?

Que mediante este método no se puede separar la sal

Figura 6.42. Respuesta de E02 a la actividad A.3.2 (tarea 3).

«Creo que la actividad ha divertido a los estudiantes. La conclusión también ha sido evidente, sobre todo porque varios estudiantes me han dicho, de forma jocosa, que ya aparecía en forma de idea clave al final de la página 18. No me había percatado. Para futuras revisiones hay que eliminar los cuadros de ideas clave. Salvo este incidente la actividad ha funcionado bastante bien».

(Diario del profesor observador)

Concluida la experiencia, el profesor presenta la segunda actividad sobre métodos de separación, actividad A.3.3, (figura 6.43). El objetivo es presentar otra posible técnica para recuperar la sal disuelta; se vuelve a utilizar la técnica POE, esta vez para describir el proceso de llevar a sequedad el contenido de una cucharilla con la misma agua salada empleada para la filtración en la actividad anterior. Se trata de una actividad complementaria de la A.3.2, y por tanto, su demanda competencial se corresponde con la indicada anteriormente para dicha actividad, y que recordamos queda vinculada a la competencia de *explicar fenómenos científicos*.

A.3.3. ¿Y si calentamos la disolución? Con ayuda del profesor vas a realizar una evaporación a sequedad, utilizando una cuchara con un poco de agua salada y un mechero.

a) ¿Qué crees que ocurrirá?

b) Obsérvalo, ¿Qué ha ocurrido?

c) Explica lo que ha sucedido.

d) ¿Se podría recuperar la sal sin calentar la disolución?



A.3.4. ¿Qué crees que sucedería si hiciésemos la experiencia anterior con agua mineral y con agua del grifo?

CON	SUCEDERÍA QUE...	PORQUE...
Agua mineral natural		
Agua del grifo		

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanco López - mayo 2012 Página 19

Figura 6.43. Actividades A.3.3 y A.3.4 (tarea 3).

Tras la lectura del enunciado de la actividad, y siguiendo la misma dinámica anterior, el profesor pide a los estudiantes que escriban en sus cuadernos una predicción de lo que ocurrirá durante la experiencia y que la justifiquen.



Muestra al grupo el material que va a utilizar y comienza a calentar la cucharilla con el agua salada. El profesor tiene dificultades para llevar a ebullición el agua debido a que se está agotando el gas propano del mechero Bunsen, pero finalmente lo consigue y puede presentar al grupo la cucharilla con la sal recuperada para que los estudiantes la examinen.

- E14: *Mira el agua se ha evaporado.*
 Profesor: *¿Está la sal ahí o no? (Muestra la cucharilla en alto).*
 Varios: *¿A ver maestro?*
 Varios: *Sí que está.*
 Profesor: *¿Qué conclusión obtenemos?*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

La clase está terminando y los estudiantes están algo alborotados (es última hora lectiva de la mañana); el profesor les requiere para que completen las preguntas, y ante su insistencia trabajan de forma acelerada. No obstante, la actividad es muy parecida a la A.3.2 y el profesor no observa dificultades de interés. Concluimos la descripción de esta actividad con la respuesta de E08 (figura 6.44).

A.3.3. ¿Y si calentamos la disolución? Con ayuda del profesor vas a realizar una evaporación a sequedad, utilizando una cuchara con un poco de agua salada y un mechero.

a) ¿Qué crees que ocurrirá?

Que el agua se evaporará y la sal quedará en la cuchara.

b) Obsérvalo. ¿Qué ha ocurrido?

Se ha evaporado el agua y en la cuchara se ha quedado la sal.

c) Explica lo que ha sucedido.

Se ha evaporado el agua y la sal se ha quedado en la cuchara.

d) ¿Se podría recuperar la sal sin calentar la disolución?

No.



Figura 6.44. Respuesta de E08 a la actividad A.3.3 (tarea 3).

«Como anécdota refiero que algunos alumnos han mostrado bastante sorpresa sobre que la sal haya “aparecido” en el filtro, algo que me resulta curioso. Unos pocos piensan que es necesario calentar la disolución y que si no se utiliza el mechero el proceso no hubiera ocurrido, según observo en las respuestas de los cuadernos de trabajo».

(Diario del profesor observador)

En los momentos finales el profesor pregunta la opinión sobre lo trabajado en clase y el grupo manifiesta mayoritariamente que le *ha gustado la clase de hoy*, que *ha sido más divertida*, que coincide con la percepción que tiene el profesor. El grupo se ha mostrado muy participativo y el ambiente de clase ha sido muy distendido.

«También para mí ha sido la clase más divertida; es la primera vez que veo al grupo tan participativo. Hoy ha habido comentarios favorables. A pesar de ser última hora la clase se ha desarrollado con bastante normalidad salvo los minutos finales».

(Diario del profesor observador)

Finalizada la clase el profesor registra una pregunta de *E03* que considera de interés, pues relaciona la técnica POE recién empleada, con las distintas etapas del método científico y que el profesor comenta con el estudiante.

Como incidencia a destacar debe indicarse que a pesar de la previsión inicial, no se ha podido desarrollar la actividad A.3.4 que tendrá que trabajarse en la próxima sesión.

«Tenía previsto completar hasta la actividad A.3.4 (primera parte de la tarea), pero no ha sido posible. Empiezo a acumular un cierto retraso..., pero creo que es necesario insistir en ciertas actividades».

(Diario del profesor observador)

En el análisis a posteriori de la sesión de hoy no se han observado dificultades dignas de interés, y las actividades trabajadas parecen mostrarse adecuadas en relación a los objetivos planteados, por lo que no se prevé realizar cambios, ni en los contenidos ni en las actividades propuestas.

6.2.5. SESIÓN 5

Contenido de la sesión

Viernes, 11 de mayo de 2012		12:45 h – 13:45 h	Aula de Usos Múltiples
CONTENIDO DE LA SESIÓN 5			
TAREA 3: ¿DÓNDE ESTÁ LA SAL? (continuación)			
Interrogante abordado: ¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC ^(*)
A.3.4. El estudiante debe explicar lo que ocurriría al aplicar la evaporación a sequedad a una pequeña muestra de agua de bebida embotellada y de agua del grifo. Contraste de ideas entre compañeros.	Trabajo en pequeño grupo. Trabajo en gran grupo.	<ul style="list-style-type: none"> – Aplicar los contenidos de ciencia a una situación cotidiana. – Comprender que el agua de bebida embotellada o del grifo son mezclas que contienen diferentes sales minerales en disolución. – Predecir que las sales minerales disueltas en el agua pueden recuperarse mediante métodos térmicos como la evaporación. 	Explicación científica de fenómenos. – E2
A.3.5. Análisis de las distintas acepciones que el término “modelo” presenta en la vida diaria y en la ciencia. Clarificación de ideas.	Trabajo en pequeño grupo. Puesta en común.	<ul style="list-style-type: none"> – Conocer distintas acepciones del término “modelo” en la vida diaria. – Distinguir entre el significado en lenguaje cotidiano y científico del término “modelo”. 	Identificación de cuestiones científicas. – I2 – I3
A.3.6. Visualización de animaciones acerca de un modelo científico para interpretar la estructura interna de la sal común y del agua líquida. Posteriormente, descripción de las ideas básicas del modelo presentado.	Visionado de imágenes y trabajo individual. Explicación del profesor.	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar un modelo científico sencillo para imaginar e interpretar la estructura interna de las sustancias. – Identificar las ideas básicas del modelo propuesto. – Reconocer que un modelo científico no es la realidad sino una representación sencilla que se hace de ella para explicarla. – Comprender algunos aspectos del funcionamiento y naturaleza de la ciencia, como el uso de modelos. 	Identificación de cuestiones científicas. – I2 – I3 Explicación científica de fenómenos. – E2
A.3.7. Lectura de un texto científico y visualización de animaciones sobre el proceso submicroscópico de disolución de la sal común en agua. Clarificación de ideas.	Visionado de un vídeo y lectura individual. Explicación del profesor. Trabajo individual.	<ul style="list-style-type: none"> – Analizar y extraer información de un texto. – Reconocer e identificar las variables que propone en un modelo científico. – Utilizar un modelo científico sencillo para explicar cómo y por qué se disuelve la sal común en el agua líquida. 	Identificación de cuestiones científicas. – I3 – I2 Explicación científica de fenómenos. – E2

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

En la sesión de hoy se desarrolla la segunda parte de la tarea 3, en la que se aborda con los estudiantes la cuestión *¿Cómo y por qué se disuelve la sal en el agua?*, lo que exige

el uso de modelos científicos que nos permitan explicar e interpretar dicho proceso. A tal fin, se presenta un modelo explicativo basado en las interacciones de las partículas submicroscópicas constituyentes de las sustancias participantes.

Contamos con el apoyo de la pizarra digital interactiva (PDI) para poder visionar los vídeos previstos para la clase de hoy.

Descripción de la sesión

El profesor comienza haciendo un breve recordatorio del contenido trabajado en la sesión anterior, lo que ayuda a que el grupo se vaya calmando y entre en la dinámica de trabajo que se precisa. Cabe destacar que nos encontramos en la penúltima hora lectiva del viernes, circunstancia que se espera no interfiera excesivamente en el desarrollo de la sesión.

La actividad A.3.4 (figura 6.43) no pudo completarse en la anterior sesión, tal como quedó justificado, por lo que el profesor informa que se seguirá con el desarrollo de la misma. En opinión del profesor se trata de una actividad sencilla en la que los estudiantes deben predecir qué ocurrirá al calentar hasta sequedad una cucharilla que contiene agua del grifo o agua embotellada. Se pretende que los estudiantes relacionen esta actividad con la actividad A.3.3 (en la que se lleva a sequedad una cucharilla con una disolución concentrada de sal) y sean capaces de concluir que, tras la evaporación del líquido, debe quedar un resto salino en la cucharilla (aunque no sea fácilmente visible), y que sean capaces de justificar su procedencia al considerar estos sistemas como mezclas que contienen distintas sales disueltas. Al igual que las dos actividades previas debemos vincularla con la competencia de *explicar fenómenos científicamente*, y en concreto, con la capacidad del estudiante para *describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios*.

El estudiante *E14* comienza con la lectura de la actividad A.3.4; el profesor pide al grupo que recuerde el resultado que se obtuvo en la anterior actividad en la que se calentaba una cucharilla con agua salada de la disolución, y que prediga lo que pasaría al sustituir el agua salada por agua embotellada o del grifo. Seguidamente deja varios minutos para que los estudiantes respondan a las cuestiones planteadas. Observa que bastantes estudiantes no acaban de comprender “lo que deben hacer”, lo que le obliga a intervenir tratando de guiar el desarrollo de la actividad:

Profesor: *¿Os acordáis del experimento de la cucharita con la disolución de agua y sal?*
¿Se podría aplicar lo que vimos ayer al caso del agua embotellada?

[...]

Tenéis que aplicar las mismas ideas y predecir, imaginar, lo que pasaría si en la cucharilla hubiera agua mineral o agua del grifo tratando de explicar por qué ocurriría eso.

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

A pesar de las varias veces que el profesor intenta aclarar lo que la actividad demanda, tiene la percepción de que los estudiantes no la están entendiendo, e incluso registra algunas quejas relacionadas con el sentido de esta actividad. Decide no insistir más y esperar al posterior análisis de los cuadernos de trabajo.

El desarrollo de esta actividad en el aula no arroja los resultados esperados, como registra el profesor en su cuaderno de clase:

«La actividad ha quedado algo descontextualizada y los estudiantes se muestran poco interesados».

«Que se va a evaporar el agua de la cucharilla queda claro. Todos parecen de acuerdo con eso. La mayoría no realiza la actividad correctamente. No contestan lo esperado. Es una sorpresa ya que considero esta cuestión muy “evidente” y sobre todo si la relacionan con la experiencia de ayer. Me extraña que les cueste tanto sacar la conclusión correcta».

(Diario del profesor observador)

El ritmo de clase es lento y la sesión no avanza conforme a lo esperado; por tal motivo, el profesor decide no corregir la actividad en gran grupo como estaba inicialmente previsto e informa que analizará los cuadernos de clase de forma individual. Tras el análisis el profesor constata que únicamente 8 (de 25 estudiantes) predicen adecuadamente el resultado de este “experimento mental”. Seguidamente se muestran sus respuestas apreciándose cómo en todas ellas aparece de forma implícita la noción de mezcla, es decir, de la presencia de sustancias diversas disueltas en el agua embotellada o del grifo:

«Que el agua se evaporaría y se quedarán las sustancias... porque el agua contiene más sustancias. Con la del grifo quedará la cal porque el agua del grifo tiene más cal» (E01).

«El agua se evaporará y las sustancias quedarán en la cuchara. Es lo que pienso» (E05).

«El agua se evaporará y quedarán los solutos» (E06).

«En el agua hay solutos y al evaporarse quedarían los solutos que contiene adheridos a la cuchara» (E03).

«El agua se evaporará y las sustancias que contiene se quedarán en la cuchara... que no se evaporarán» (E16).

«En el agua hay solutos y al evaporarse el agua, se quedan los solutos en la cuchara» (E18).

Hacemos una especial mención a la respuesta de E17 (figura 6.45) que consideramos la más adecuada de acuerdo con la finalidad prevista para esta actividad.

A.3.4. ¿Qué crees que sucedería si hiciésemos la experiencia anterior con agua mineral y con agua del grifo?

CON	SUCEDERÍA QUE...	PORQUE...
Agua mineral natural	Se evaporará y se quedará más las sales minerales	El agua mineral tiene sales minerales.
Agua del grifo	Se evaporará y se quedará restos de otras partículas	El agua del grifo no lleva solo agua.

Figura 6.45. Respuesta de E17 a la actividad A.3.4 (tarea 3).

El resto de estudiantes no responde, o bien lo hace de forma poco precisa o incorrectamente; en estos casos, se observa un especial protagonismo en la evaporación del agua y escasas referencias al resto salino que se espera que aparezca en la cucharilla, conclusión que la actividad persigue. Como ejemplos representativos citamos las siguientes respuestas:

«Se evapora el agua y salen burbujas...» (E02).

«Que el agua se evaporaría y no quedarían restos ya que las sustancias están en pequeñísimas proporciones» (E11).


«Se evaporará el agua y no quedará nada» (E15).

«Se evapora el agua y no queda nada porque no tiene la cantidad de sal necesaria para que pase lo contrario» (E19).

«Que el agua también se evaporaría; da igual si tiene componentes, se va a evaporar igual» (E23).

Para concluir esta primera parte de la tarea 3, E23 y E21 se encargan de la lectura de la página 20 del cuaderno de trabajo (figura 6.47), que incide sobre la importancia de los métodos de separación y se reproducen dos nuevas ideas clave en relación con los contenidos trabajados (figura 6.46).

Idea clave: LOS COMPONENTES DE UNA DISOLUCIÓN SE PUEDEN SEPARAR MEDIANTE CAMBIOS DE ESTADO (como la evaporación).



La evaporación del agua es el fenómeno natural que se aprovecha en las salinas para la obtención de la sal común a partir del agua del mar.

A modo de conclusión:

La mayor parte de los materiales que utilizamos, ya sean naturales o sintéticos (preparados en el laboratorio y en la industria) son mezclas de sustancias. Por tanto, la gran mayoría de las sustancias que necesitamos hay que obtenerlas separándolas de las mezclas en las que se encuentran. Para la Química y para muchas industrias la separación de las sustancias de una mezcla es una tarea muy importante y los procesos de separación tienen una enorme importancia práctica.

Idea clave: UN MÉTODO DE SEPARACIÓN PUEDE SER ADECUADO PARA UNA DETERMINADA MEZCLA PERO NO PARA OTRA.

Nuestro siguiente paso será explicar el proceso de disolución, es decir, tratar de interpretar por qué la sal común "deja de verse" al mezclarla con agua.

Para comprender este proceso te vamos a pedir que pienses en "partículas", es decir, vas a tener que **imaginarte** las estructuras internas de la sal y del agua formadas por un enorme conjunto de partículas, increíblemente pequeñas (imposibles de ver), en continuo movimiento: vamos a utilizar un **modelo científico**.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Ramos López - mayo 2012

Figura 20

Figura 6.46. Página 20 del cuaderno de trabajo (tarea 3).

El profesor insiste en la idea de que es muy difícil encontrar en la naturaleza sustancias químicamente puras, de ahí la importancia práctica de los métodos de separación. Las intervenciones del profesor no se limitan a repetir lo ya leído, sino que trata de que el grupo intervenga planteando para ello distintas cuestiones sobre los contenidos trabajados, aunque constata que suelen ser casi siempre los mismos estudiantes los que suelen intervenir en esta dinámica.

El profesor presenta la segunda parte de la tarea 3, que tal como se comentó anteriormente, analiza mediante el uso de modelos científicos sencillos el proceso submicroscópico de disolución. E20 se encarga de la lectura de los párrafos introductorios de las páginas 20 y 21 del cuadernillo (figuras 6.46 y 6.47, respectivamente), que quedan matizados por el profesor:

Profesor: *En la primera parte hemos visto cómo la sal se disolvía, lo que le ocurría a la sal.
En esta segunda parte volvemos al mundo de la Química y lo que queremos es explicar por qué la sal se ha disuelto en el agua.
Pero para hacer eso tenemos que imaginarnos cómo ha ocurrido este proceso porque no podemos verlo.
Para hacer eso, para imaginarme cómo ha ocurrido necesito un modelo.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

La palabra “modelo” se utiliza en el lenguaje cotidiano con múltiples significados; por tal motivo, el profesor informa que es conveniente realizar una primera actividad para diferenciar el uso científico del uso cotidiano de este término. E22 es el encargado de presentar la actividad A.3.5 en la que los estudiantes deben proponer distintos significados de la vida diaria para el término modelo y después compararlos con su significado científico (figura 6.47). Se trata de una actividad similar a la actividad A.2.1, en la que se analizaba el término “pureza” (véase desarrollo de la sesión 2). Desde el punto de vista de su demanda competencial vinculamos esta actividad con la competencia científica de *identificación de cuestiones científicas*.

Antes de presentar el modelo que vamos a utilizar sería conveniente aclarar el significado de la palabra “modelo” cuando es utilizada por los científicos. Este es el objetivo de la siguiente actividad.

A.3.5. La palabra “modelo” tiene muchos significados en la vida cotidiana. Tras una breve puesta en común anota en la siguiente tabla algunos de estos significados.

DISTINTOS SIGNIFICADOS DE LA PALABRA MODELO EN LA VIDA DIARIA

En el lenguaje científico con la palabra “modelo” nos referimos a una representación sencilla que se utiliza para describir y hacer predicciones sobre la estructura de los objetos y sobre procesos muchos veces desconocidos. Los modelos se usan para explicar las ideas que tenemos sobre algo que no puede ser observado directamente y cuya existencia sólo podemos imaginar.

¡Buen claro! LA QUÍMICA RECURRE A MODELOS PARA EXPLICAR Y COMPRENDER FENÓMENOS QUE NO PUEDEN SER OBSERVADOS DIRECTAMENTE.

Empezaremos utilizando un modelo sencillo que nos ayude a visualizar cómo están organizadas las “partículas” que constituyen la sal común y el agua y cómo es su movimiento. Haz clic aquí para ver la animación.

Autores: Francisco Rodríguez Roca y Ángel Risco López – mayo 2014 Página 21

Figura 6.47. Actividad A.3.5 (tarea 3).

En la planificación inicial de la sesión se tiene programado dejar varios minutos para que, en pequeño grupo, se realice la actividad que será seguida de una breve puesta en común. Sin embargo, el ritmo de la clase ha resultado muy lento hasta ahora y los estudiantes no se muestran tan activos como en otras sesiones; el profesor le pregunta el motivo y le contestan que *estamos cansados, que es viernes*.

«Llamo la atención al grupo que se muestra alborotado y muestra cierta resistencia a seguir trabajando. El factor viernes...Me esfuerzo para mantener la disciplina y les pido que me ayuden a continuar; les recuerdo que nos están grabando. Mi ruego funciona y el grupo se presta para completar la actividad.-Los estudiantes colaboran pero la actitud de hoy es muy diferente a otros días».

(Diario del profesor observador)



El profesor trata de adaptarse a esta circunstancia y decide eliminar este periodo de trabajo en grupo y pasar directamente a la puesta en común, que realiza con la colaboración de *E15* que escribe en la pizarra las ideas del grupo.

Selecciona a varios estudiantes –en este caso se decide por algunos que no suelen participar demasiado–, para que expresen en voz alta lo que opinan; después de varias intervenciones únicamente han aparecido tres significados

distintos asociados, que quedan anotados en la pizarra.

A pesar de la insistencia del profesor los estudiantes se limitan a repetir una y otra vez lo ya escrito sin ninguna aportación nueva, por lo que da por concluida la puesta en común y pide a los estudiantes que anoten el resultado en los cuadernos.

Las ideas de los estudiantes sobre el significado del término modelo se recogen en la figura 6.48, extractadas del cuaderno de trabajo de *E11*.

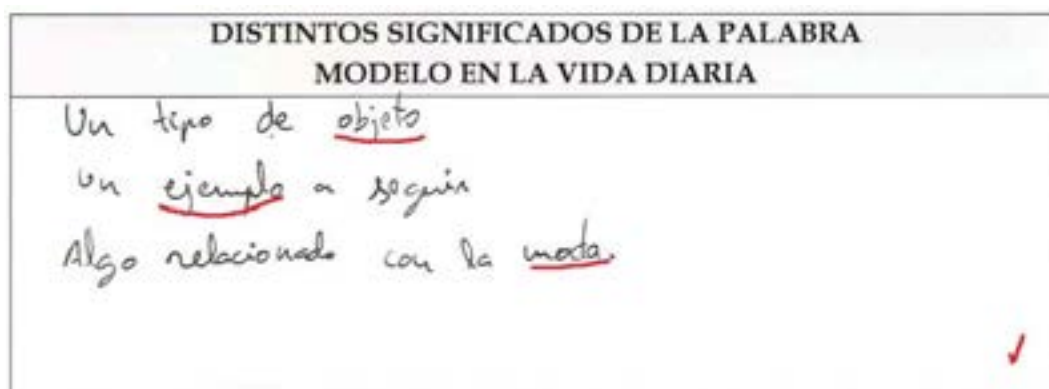


Figura 6.48. Respuesta de E11 a la actividad A.3.5 (tarea 3).

«La segunda actividad tampoco ha llamado demasiado la atención del grupo, aunque sí se ha mostrado más participativo en la puesta en común. Posiblemente el cansancio que muestra el grupo deba tenerse en cuenta, aunque no se trate de un factor estrictamente académico».

(Diario del profesor observador)

El profesor opina que hay otros significados cotidianos que pueden considerarse y que no surgen en la puesta en común, por lo que presenta una diapositiva (elaborada por él mismo) con estos significados, y pide a varios estudiantes que los vayan leyendo en voz alta para complementar lo realizado en clase (figura 6.49).

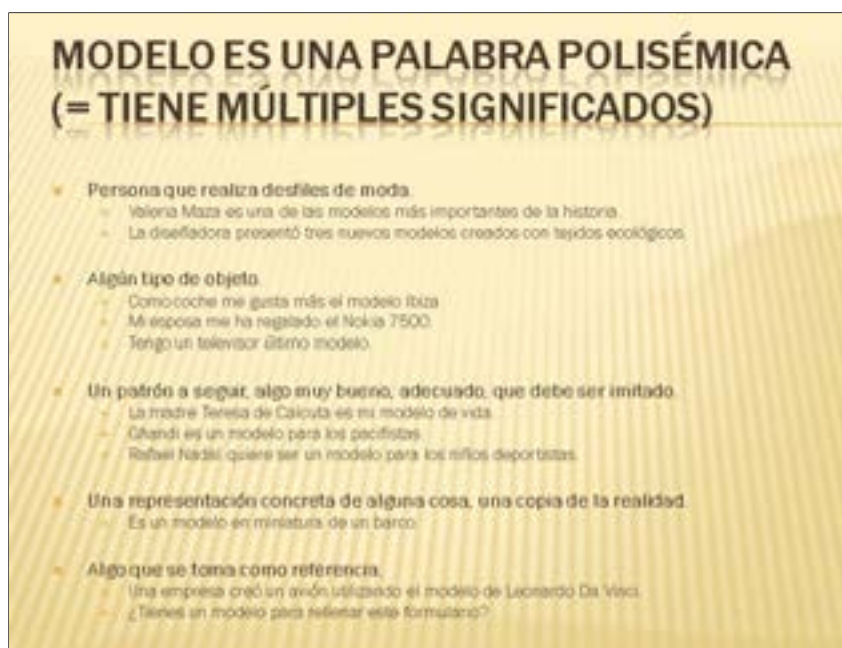


Figura 6.49. Distintos significados cotidianos del término modelo.

Para concluir esta actividad el profesor presenta otros posibles usos de este término, esta vez relacionados con el ámbito científico. Para ello, *E07* continúa con la lectura de la página 21 del cuaderno y el profesor pide a los estudiantes que observen cómo los significados cotidianos no se corresponden con los posibles significados que se atribuyen a esta palabra en la ciencia (los estudiantes subrayan este párrafo).

Aparece de esta manera otra idea clave para el desarrollo del resto de los contenidos de la tarea 3 (figura 6.50).

***Idea clave: LA QUÍMICA RECORRE A MODELOS PARA EXPLICAR Y
COMPRENDER FENÓMENOS QUE NO PUEDEN SER OBSERVADOS
DIRECTAMENTE.***

Figura 6.50. Idea clave sobre la naturaleza de la ciencia.

En suma, con esta actividad se ha pretendido hacer más conscientes a los estudiantes de la polisemia de esta palabra, y de sus posibles significados y usos diferentes de acuerdo al contexto elegido. Por otro lado, se han considerado algunos de los elementos básicos presentes en la definición de este término en el contexto científico, prestándose especial atención a la consideración de modelo como una representación parcial de un objeto, evento, proceso; o el uso de modelos como una importante herramienta para la producción de conocimiento científico y sus posibles limitaciones (Justi, 2011; Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2003).

Con las siguientes actividades se inicia la explicación del proceso de disolución. Existe abundante literatura sobre las dificultades que presenta para el alumnado de estas edades la comprensión de procesos complejos como el de disolución, orientaciones que se han tenido en cuenta para el diseño y secuenciación gradual de estas actividades, aspecto que ya fue debidamente analizado durante el proceso de diseño de la versión final de la SEA (capítulo V).

En primer lugar, se presentan las ideas básicas de la teoría cinético-molecular de la materia mediante sencillos modelos de partículas en movimiento. Seguidamente, se ha considerado la naturaleza submicroscópica de la sal y la del agua para poner de manifiesto que el proceso de disolución no depende solo del soluto o del disolvente, sino de ambos. Por último, se ha introducido un modelo explicativo que utiliza básicamente los factores de interacción y movimiento “a nivel de las partículas”, para ofrecer una visión de cómo y por qué se produce la disolución (Blanco, 2000; Prieto y Blanco, 1997).

Se da comienzo a la actividad A.3.6 en la que el profesor presenta dos visualizaciones animadas para representar la estructura interna de las sustancias participantes en el proceso de disolución (figura 6.51).

Se trata, como paso previo a la explicación del proceso de disolución, iniciar al grupo en el manejo de un modelo de partículas sencillo que le permita, como les dice el profesor, *imaginar cómo son la sal y el agua por dentro aunque no las podamos ver*. Se trabaja de esta manera otra dimensión importante relacionada con la competencia de *explicar fenómenos científicamente*, como es la utilización de modelos explicativos y su importancia en el desarrollo de la competencia científica por parte de los estudiantes (Caamaño, 2012; Cañas, Martín-Díaz y Nieda, 2007).

Repasemos ahora algunas de las ideas utilizadas por este "modelo de partículas":



Esta imagen muestra cómo nos imaginamos un cristalito de sal común "por dentro".

Muestra una ordenada estructura formada por "partículas" de dos tipos (color gris = iones sodio; color verde = iones cloruro) que como has podido ver en la animación se hallan en continuo movimiento de vibración.



Esta imagen propone una representación de la estructura interna del agua líquida.

Se estructura en más desordenada y está formada por "partículas" que representan las moléculas de agua en continuo movimiento.

Cada una de las "partículas" del agua (moléculas H_2O) está formada a su vez por dos átomos de hidrógeno (bolitas rojas) y un átomo de oxígeno (bolita blanca).

"Modelos de partículas" para representar la estructura interna de la sal común y del agua líquida.

A.3.6. Recoge en la siguiente tabla lo que dice el modelo anterior acerca de la organización y movimiento de las partículas que forman la sal y el agua:

Sustancia	Partículas	
	Organización	Movimiento
Sal común (sólido)		
Agua (líquido)		

Ídea clave: LA DISOLUCIÓN DE LA SAL EN EL AGUA SÓLO PUEDE EXPLICARSE CORRECTAMENTE UTILIZANDO UN MODELO DE PARTÍCULAS QUE REPRESENTA LA ESTRUCTURA INTERNA DE LAS SUSTANCIAS (nivel molecular).

Autor: Francisco Rodríguez Morrey Ángel Elías López - mayo 2012 Página 22

Figura 6.51. Página 22 del cuaderno y actividad A.3.6 (tarea 3).

El profesor no se limita a mostrar la animación sino que busca la participación de los estudiantes con diferentes preguntas para aclarar el contenido mostrado:

Profesor: *Así es cómo nos imaginamos nosotros los cristalitos de sal si pudiéramos verlos por dentro.*

Profesor: *¿Qué estáis viendo ahora mismo?*

Varios: *Partículas.*

Profesor: *¿Qué están haciendo las partículas? ¿Están quietas?*

Varios: *Se están moviendo.*

Profesor: *Pero moviéndose cómo, vamos a precisar más. ¿Cómo se llama lo que hacen?*

E03: *Vibrando. Vibración.*

Profesor: *¡Exacto! Fijaros que las partículas no están quietas, están vibrando.*

[...]

Profesor: *¿Qué otra cosa hay en la disolución?*

- Varios: *El agua.*
 Profesor: *¿Qué estáis viendo ahora?*
 E03: *El agua “por dentro”.*
 Profesor: *Así es como nos imaginamos al agua “por dentro”. ¿Qué es esto?*
 E22: *Las moléculas de agua.*
 Profesor: *En realidad hay miles y miles. Son moléculas de agua moviéndose.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

Para complementar lo visualizado el profesor pide a *E10* y a *E12* que lean las ideas básicas que utiliza el modelo propuesto, que se recogen en la página 22 del cuaderno de trabajo (figura 6.52). Presentado el modelo, el profesor deja a los estudiantes unos minutos para que completen los cuadros de la actividad A.3.6, en los que deben resumir los aspectos esenciales en cuanto a la organización y movimiento que presentan las “partículas de sal y agua”.

Los estudiantes *E17* y *E11* son los encargados de corregir la actividad, que se desarrolla de manera rápida y el profesor puede observar cómo la actividad ha sido realizada correctamente por la mayoría de los estudiantes. Como ejemplo se muestra en la figura 6.52 la respuesta de *E23*.

A.3.6. Recoge en la siguiente tabla lo que dice el modelo anterior acerca de la organización y movimiento de las partículas que forman la sal y el agua:

Sustancia	Partículas	
	Organización	Movimiento
Sal común (sólido)	estructura ordenada	de vibración
Agua (líquido)	estructura mas desordenada	moléculas de agua en continuo movimiento.

Figura 6.52. Respuesta de E08 a la actividad A.3.6 (tarea 3).

Para finalizar esta actividad el profesor pide a *E13* que lea la idea clave que resume lo trabajado en la misma (figura 6.53).

Idea clave: LA DISOLUCIÓN DE LA SAL EN EL AGUA SÓLO PUEDE EXPLICARSE CORRECTAMENTE UTILIZANDO UN MODELO DE PARTÍCULAS QUE REPRESENTA LA ESTRUCTURA INTERNA DE LAS SUSTANCIAS (nivel molecular).

Figura 6.53. Idea clave de la tarea 3.

El profesor insiste bastante en la idea anterior pidiendo al grupo que sea consciente de que no existe otra forma de explicar un proceso “que no puede ser observado directamente” más que con el uso de modelos.

Se completa esta tercera tarea con el desarrollo de la actividad A.3.7 (figura 6.54) en la que se analiza el proceso de disolución propiamente dicho.

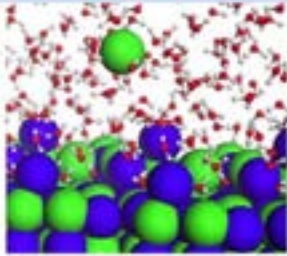
Una vez que nos hemos imaginado la estructura interna de la sal y del agua a través de nuestro “modelo de partículas en movimiento”, podemos ahora tratar de explicar cómo estas partículas se “mezclan”. En la siguiente actividad se propone una interpretación de este proceso.

A.3.7. Lee el siguiente texto y contesta a las cuestiones planteadas.

¿Cómo y por qué se produce la disolución de la sal?

En la sal sólida sus partículas están empaquetadas. Al entrar en contacto con el agua, cuyas moléculas se mueven más libremente, éstas y las partículas de la superficie del cristal de sal se atraen con mayor intensidad que las partículas de sal entre sí y las de agua entre sí.

El resultado es que las partículas de sal “se arrancan” y se van separando de las que están a su alrededor. Una vez que las partículas de sal están fuera del cristal son rodeadas completamente por las moléculas de agua y se distribuyen por todo el volumen de agua obteniéndose así una distribución uniforme y estable de partículas de sal y agua mientras no se cambian las condiciones.



Modelo basado en las atracciones entre partículas para explicar la disolución de la sal sólida en agua líquida.

Puedes observar una animación del proceso si haces clic [aquí](#). Se está produciendo la mezcla de la sal (sólido) y el agua (disolvente) a nivel molecular.

Podemos hacer uso de un lenguaje más técnico y explicar el anterior proceso utilizando el concepto de interacción entre las partículas: la atracción entre las partículas de agua y sal son suficientemente fuertes como para superar la atracción entre las partículas de sal en el cristal.

a) ¿Qué variables utiliza el modelo expuesto en el texto para explicar la disolución de la sal común en el agua?

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanco López - mayo 2012

Figura 11

Figura 6.54. Actividad A.3.7 (tarea 3).

La actividad consiste en la lectura de un texto donde se presenta un modelo explicativo del proceso de disolución basado en la interacción entre las “partículas de sal y agua”. La lectura se complementa con el apoyo de un vídeo educativo que permite la visualización de imágenes y que “hace más real” este proceso a los estudiantes. Se pretende que el estudiante utilice un modelo científico, ya elaborado, para la correcta comprensión de las disoluciones (Blanco, 2000). También se persigue promover, como ya se indicó en la actividad anterior, la aplicación de esta herramienta simbólica para la descripción e interpretación de fenómenos científicos, aspectos prioritarios en el fomento de la competencia científica (Cañas, Martín-Díaz y Niedo, 2007), además de proporcionar un

ejemplo sobre cómo funciona el trabajo científico mediante la producción de modelos que nos ayuden a explicar los fenómenos que queremos comprender (Caamaño, 2012).

En relación a lo indicado, es oportuno recordar que el conocimiento de la ciencia en sí misma, acerca de su naturaleza y funcionamiento, es contemplado en el esquema de PISA en ciencias (OCDE, 2006, 2009: 2012), como un aspecto relevante de contenido científico que influye en el desarrollo de capacidades o competencias científicas. Más concretamente este programa se refiere al uso de ideas/modelos como uno de los propósitos de la investigación científica y se refiere al mismo como uno de los procesos esenciales para el desarrollo de competencias científicas.

E02 se encarga de la lectura del texto. La explicación del proceso de disolución debe entenderse como un aspecto importante de la secuencia, por lo que tras cada párrafo el profesor le pide que se detenga para preguntar al grupo si se ha entendido lo leído y matizar algunos aspectos. Al terminar el segundo párrafo el profesor pide que observen la imagen que lo acompaña y demanda al grupo que explique lo que ve; insiste en que el grupo trate de encontrar la causa del proceso de disolución.

Varios alumnos intervienen de forma espontánea y, en colaboración con el profesor, que va guiando las preguntas, expresan en voz alta el proceso mostrado; algunas frases literales se reproducen en lo que sigue, en las que se observa cómo las ideas de movimiento e interacción aparecen en las explicaciones que manejan los estudiantes:

- Profesor: *¿Qué se ve?*
 Varios: *El agua, moléculas de agua.*
 Profesor: *¿Qué se ve más abajo?*
 Varios: *Moléculas de sal.*
 Profesor: *¿Qué está ocurriendo?*
 E15: *Las moléculas de agua se acercan a la sal.*
 Profesor: *¿Y qué ocurre?*
 E22: *Que la arrancan.*
 [...]

 Profesor: *Veis la partícula “suelta”. ¿Qué le pasa?*
 E18: *Que la retiran.*
 Profesor: *¿Veis como la rodean?*
 Profesor: *Las partículas de sal son arrancadas y rodeadas por las moléculas de agua.*
 Profesor: *¿Queréis ver un vídeo de cómo ocurre?*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

El profesor presenta la animación que acompaña al texto y que permite visualizar una serie de imágenes dinámicas que ilustran el modelo propuesto. El profesor insiste al grupo en que consideren este modelo como una representación sencilla de la realidad, algo así como una herramienta que nos ayuda a explicar el proceso de disolución. En este punto, destaca una intervención significativa por parte de E18 que capta rápidamente



te lo que el profesor quiere transmitir al indicar que nos estamos refiriendo “al nivel atómico”.

La animación se visiona dos veces y el profesor les pide que presten especial atención a cómo transcurre el proceso, es decir, a cómo las partículas de sal se van mezclando con las de agua. Tras el visionado, E02 finaliza la lectura del texto.

«Las dos actividades finales parecen haber captado el interés de los estudiantes y han resultado más dinámicas que las primeras con un mayor número de intervenciones. Creo que les han gustado bastante las simulaciones. Parece que ha quedado clara la necesidad de utilizar modelos para explicar procesos que no vemos».

(Diario del profesor observador)

Nos encontramos en el tramo final de la sesión y el grupo manifiesta claras muestras de cansancio, por lo que el profesor decide no insistir más y pedirles el último esfuerzo para que completen la cuestión que acompaña al texto (figura 6.55), y con la que se pretende que el estudiante fomente su competencia para *identificar cuestiones científicas* y en concreto la capacidad de *reconocer los rasgos clave de la investigación científica*.

E03 manifiesta no entender el enunciado de la pregunta y el profesor interviene explicando que se trata de encontrar en el texto los dos factores básicos que propone el modelo para explicar el fenómeno de la disolución de la sal en el agua. Al observar cierto desconcierto, el profesor ayuda al grupo preguntando si el modelo utiliza el tamaño de las partículas para explicar las disoluciones. El estudiante E03 le responde que *No*, y al insistir el profesor en que identifiquen algún factor que sí aparezca en la explicación E22 responde *que la atracción*. El profesor matiza esta idea y al someterla a valoración el grupo se muestra de acuerdo, quedando apuntada en el cuaderno de trabajo.

Deja unos momentos para que localicen en el texto la otra variable utilizada, si bien la actividad no se completa satisfactoriamente, posiblemente debido a que son los instantes finales de clase y el grupo parece no atender las indicaciones del profesor, como registra el docente en su diario de clase:

«Tras el vídeo les he pedido que completen la actividad pero se han excusado en que ya no daba tiempo. La actividad A.3.7 se ha quedado “a medias”. Habrá que dedicarle atención en la próxima sesión. Sigo acumulando un cierto retraso en la puesta en práctica».

(Diario del profesor observador)

Tras el posterior análisis de los cuadernos de trabajo el profesor constata que, efectivamente, de las dos variables empleadas para la explicación de las disoluciones, únicamente la variable “atracción” aparece en las respuestas de los estudiantes. A modo de ejemplo, mostramos la respuesta de E16 (figura 6.55) que evidencia este hecho.

a) ¿Qué variables utiliza el modelo expuesto en el texto para explicar la disolución de la sal común en el agua?

La asociación de las moléculas de agua y las partículas de sal. ^{1/2}

Figura 6.55. Respuesta de E16 a la actividad A.3.7 (tarea 3).

El siguiente extracto del diario de clase recoge la opinión del profesor acerca del desarrollo de la sesión de hoy:

«No he detectado problemas relevantes en la puesta en práctica. Como era previsible el “factor viernes” sí ha influido en el rendimiento del grupo; he encontrado al grupo más disperso que en sesiones anteriores y ha sido mayor el número de interrupciones. A pesar de todo, no se ha observado incidencias dignas de mención y en mi opinión no es necesario modificar ninguna de las actividades planteadas. Quizá mejorar la redacción del enunciado de la cuestión que se incluye en la actividad A.3.7».

(Diario del profesor observador)

Para concluir se quiere dejar constancia de la especial presencia de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en las actividades de la sesión de hoy, en un intento de crear un entorno más adecuado para el aprendizaje (Cabero, 2007). Así, el profesor utiliza como recurso la visualización de animaciones que simulan, por un lado, la estructura interna de las sustancias participantes y, por otro, el entorno submicroscópico en que transcurre el “acto de disolver”. Se maneja además un modelo dinámico que presenta al estudiante un escenario virtual que facilita, en opinión del profesor, la comprensión del proceso de disolución y de los factores de los que depende.

Se atiende, además, a las directrices de la OCDE, que en su informe de 2001 sobre el impacto de las TIC en la enseñanza (OCDE, 2001), incluye argumentos pedagógicos para la inclusión de la TIC en la educación, unos argumentos centrados fundamentalmente en el papel relevante de estos nuevos recursos en el proceso educativo (Pintó, 2011; Vidal, 2006).

De igual manera, la potencialidades de las TIC permiten un mayor desarrollo de las competencias cognitivas de los estudiantes aumentando, presumiblemente, su capacidad de analizar y resolver problemas, de comunicar ideas y colaborar con otras personas (Ministerio de Educación y Ciencia, 2001). Finalmente, la inclusión de estas herramientas digitales contribuye al tratamiento de la información y la competencia digital una de las competencias básicas (claves) que contempla el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006b; Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015).

6.2.6. SESIÓN 6

Contenido de la sesión

Miércoles, 16 de mayo de 2012	12:45 h – 13:45 h	Aula del grupo 3º ESO A	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 6			
TAREA 3: ¿DÓNDE ESTÁ LA SAL? (continuación)			
Finalización de la actividad A.3.7 (iniciada en la sesión anterior)			
.			
TAREA 4: ¿CÓMO SE EXPRESA LA COMPOSICIÓN DE UNA DISOLUCIÓN?			
Interrogante abordado: ¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC(*)
A.4.1. Lectura de un texto donde se aborda el significado de la magnitud concentración en masa y los factores de los que depende.	Lectura y trabajo individual.	<ul style="list-style-type: none">Comprender el concepto científico de concentración en el ámbito de las disoluciones.Relacionar los factores de los que depende la concentración en masa de una disolución.Analizar un texto científico escolar.	Explicación científica de fenómenos. <ul style="list-style-type: none">E2
A.4.2. A partir de una serie de datos de masa y volumen el estudiante debe justificar qué vaso “contiene el agua más salada”. Clarificación de ideas confusas.	Trabajo individual. Explicación del profesor.	<ul style="list-style-type: none">Aplicar el cálculo proporcional para determinar numéricamente la concentración en masa de una disolución.Expresar correctamente la concentración en masa de una disolución en distintas unidades.Interpretar datos correctamente.	Utilización de pruebas científicas. <ul style="list-style-type: none">U1
A.4.3. Cálculo de la concentración en masa de dos disoluciones utilizando datos no “evidentes”.	Trabajo individual.	<ul style="list-style-type: none">Elaborar estrategias y reflexionar sobre el proceso seguido en la resolución de un problema.Comparar la concentración en masa de dos disoluciones.Interpretar datos numéricos correctamente.	Utilización de pruebas científicas. <ul style="list-style-type: none">U1

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

En la tarea 4 se aborda otro atributo característico de las disoluciones, como es su composición, que queda correctamente especificada cuando se conocen los componentes presentes y la proporción en que estos se encuentran. Para expresar la composición cuantitativa de una disolución se introduce la magnitud “concentración en masa” (expresada en la unidad gramos de soluto por litro de disolución). Se analiza el significado cualitativo del término concentración y se proponen varias actividades para identificar de qué variables depende. A continuación, se introduce la definición operacional de concentración en masa con el uso del cálculo proporcional y se plantean algunas actividades de aplicación, que incluyen la interpretación del análisis químico que aparece en una etiqueta de determinada una marca de agua de bebida embotellada.

Finalmente, se trata de extender el concepto de disolución a otros estados físicos, como el sólido o el gaseoso, haciendo especial hincapié en la importancia práctica de las disoluciones en nuestra vida diaria.

Con el desarrollo de la tarea 4 se completa el estudio de las disoluciones desde el punto de vista de la química y se concluye el análisis del interrogante *¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?* Esta tarea queda estructurada en cinco actividades. En la sesión de hoy se desarrollan las tres primeras.

Descripción de la sesión

«He perdido varias clases por motivos varios: excursiones, huelga,... Me han preguntado si vamos a poder terminar el cuadernillo. Les he dicho que ya llevamos algo más de la mitad. Sí es verdad que llevamos un cierto retraso respecto de la programación prevista, pero tampoco es excesivo... Les he vuelto a agradecer el interés que muestran».

(Diario del profesor observador)

Como se recordará en la anterior sesión la actividad A.3.7 no pudo ser completada, por lo que el profesor informa al grupo que debe concluirse antes de comenzar con la siguiente tarea. Recuerda la finalidad de esta actividad y dedica los primeros minutos de la sesión a repasar los conceptos básicos del modelo de interacción que se ofreció en la sesión anterior para explicar las disoluciones, y matiza convenientemente que las variables fundamentales para justificar dicho proceso son “interacción y movimiento”. Buena parte del grupo participa y contesta de forma correcta a las preguntas que el profesor les va planteando.

Tras este breve intercambio, informa que para concluir esta actividad se va a proceder con la lectura la página 24 del cuaderno de trabajo (figura 6.56), que por falta de tiempo no pudo realizarse en la sesión anterior.

En primer lugar, se trata de dar término al diálogo ficticio que abrió la tarea 3 y en el cual el profesor mantiene una breve conversación con varios estudiantes sobre importantes aspectos implicados en la disolución de la sal en el agua (véase figura 6.35). Se entiende que los imaginarios estudiantes que conversan con el profesor también han completado, supuestamente, las actividades de la tarea 3 y tratan ahora, en un segundo diálogo, de explicar las cuestiones que quedaron abiertas en la primera parte.

El profesor recuerda brevemente el contenido del primer diálogo y pide ayuda a los estudiantes para escenificar esta segunda parte. La situación divierte a los estudiantes, que se muestran muy activos, y muchos de ellos se ofrecen voluntarios para participar en la lectura. El profesor les agradece su interés y elige a tres de ellos, E03, E22 y E12, por el orden de petición.

Después de realizar estas actividades el grupo de alumnos y el profesor vuelven a debatir sobre la disolución de la sal en el agua:

- Entonces los cristallitos de sal han quedado disueltos en el agua —resumió Lucía.
- Sí, y por eso sabe salada, eso ya lo he comprendido —intermite Santiago.
- El agua se ha encargado de separar las partículas de sal. Las partículas de sal no han desaparecido, siguen estando ahí pero rodeadas de las partículas de agua —explica Lucía.
- Pero si están ahí ¿por qué no se ven? —volvió a insistir Alberto.
- No las puedes ver porque son partículas inimaginablemente pequeñas, lo mismo que tampoco puedes ver el movimiento de las partículas que forman el aire —dijo el profesor.
- Quieres decir que no puedo explicar los fenómenos únicamente basándome en lo que a mí me ha parecido que ocurría, que no puedo dejarme llevar sólo por mis sentidos para sacar una conclusión —dijo Alberto.
- Efectivamente, no podemos dejarnos llevar sólo por nuestras percepciones —dijo el profesor.
- Claro por eso tú pensaste que la sal había desaparecido porque ya no la veías —le dijo Santiago a Alberto.
- Pero que no la veas no significa que haya desaparecido —dijo Lucía.
- Vale, vale, ya me ha quedado claro —protestó Alberto.
- Por eso, a veces, las explicaciones de la Química se vuelven complejas. Hemos visto que para explicar por qué la sal se disuelve en el agua necesitamos utilizar un modelo para representar la estructura interna de las sustancias a nivel microscópico e **imaginar** un “mundo de partículas” que se mueven e interaccionan, pero unas partículas que no podemos observar. —concluyó el profesor.

Idea clave: EL PROCESO DE DISOLUCIÓN PUEDE EXPLICARSE A NIVEL MOLECULAR A PARTIR DEL MOVIMIENTO Y LA ATRACCIÓN DE LAS PARTÍCULAS QUE FORMAN LAS SUSTANCIAS.

Autores: Francisco Rodríguez Wato y Jorge Roldán López - Mayo 2012

Página 24

Figura 6.56. Diálogo complementario de la actividad A.3.7 (tarea 3).

«El grupo se muestra hoy mucho más participativo y colaborador que el viernes pasado. El clima de la clase es muy favorable, a diferencia del revuelo de la última sesión. El “factor viernes” condiciona bastante el desarrollo de las actividades y así me lo han dicho los propios alumnos cuando les hablaba sobre esto».

(Diario del profesor observador)

La lectura se realiza de forma ágil con distintas intervenciones del profesor para matizar lo leído. Pide al grupo que preste especial atención al último párrafo en el que se plantea la necesidad que tiene la química, y la ciencia en general, de acudir al uso de modelos explicativos para poder justificar procesos, tan aparentemente sencillos, como la disolución de la sal común en agua.

Para finalizar la actividad, el profesor pide a E03 que lea la idea clave que completa la tarea 3 (figura 6.57).

Idea clave: EL PROCESO DE DISOLUCIÓN PUEDE EXPLICARSE A NIVEL MOLECULAR A PARTIR DEL MOVIMIENTO Y LA ATRACCIÓN DE LAS PARTÍCULAS QUE FORMAN LAS SUSTANCIAS.

Figura 6.57. La última idea clave de la tarea 3.

Se comienza con el desarrollo de la tarea 4, *¿Cómo se expresa la composición de una disolución?*, que como su propio título pone de manifiesto, completa el estudio de las disoluciones con la introducción de un nuevo atributo: su composición química.

Antes de introducir los nuevos contenidos el profesor opta por dedicar un cierto tiempo a repasar con los estudiantes los principales aspectos químicos de este tipo de mezclas. Aprovechando el buen ambiente de trabajo, el profesor fomenta la participación del grupo formulando una serie de preguntas para recordar los contenidos básicos sobre las disoluciones ya tratados en sesiones anteriores. Distintos estudiantes participan en esta dinámica, de forma espontánea, y contestan adecuadamente a las cuestiones planteadas.

Seguidamente, explica a grandes rasgos la finalidad de la tarea 4, insistiendo especialmente en la “composición variable” como uno de los atributos característicos de las disoluciones, lo que le lleva a plantear la importancia de conocer no solo los componentes sino, además, las cantidades relativas presentes para la correcta caracterización de este tipo de mezclas.

Para ejemplificar esta afirmación utiliza el análisis químico presente en la etiqueta de agua embotellada que se encuentra en la página 26 del cuaderno de trabajo de los estudiantes (figura 6.58); el profesor pide al grupo que observen los datos del análisis y realiza distintas preguntas sobre su contenido:

- Profesor: *Fijaros en el análisis, ¿qué lleva el agua?*
 Varios: *Sodio, cloruros, bicarbonato...*
 Profesor: *¿Qué más lleva?*
 [...]
 Profesor: *Si os vais más a la derecha, veis las fórmulas químicas. Y a la derecha del todo, ¿qué veis?*
 E12: *La cantidad de cada uno.*
 [...]
 Profesor: *Nos dice las proporciones de cada uno en la mezcla.*
 Profesor: *Lo que queremos es investigar qué significan estas proporciones y cómo se expresan matemáticamente.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

El análisis químico del agua embotellada permite al profesor no solo introducir las primeras ideas sobre la composición de una mezcla, sino presentar una visión de la química más cercana al alumno y que permite entender “las cosas de la calle”.

TAREA 4: ¿CÓMO SE EXPRESA LA COMPOSICIÓN DE UNA DISOLUCIÓN?

La siguiente etiqueta muestra “los ingredientes” de una marca de agua embotellada:



Como puedes observar, el análisis químico te suministra la información que necesitas para conocer el agua que bebes: **qué sustancias lleva disueltas y en qué proporción**. O dicho de otra manera, el análisis químico te permite conocer la composición del agua embotellada.

Necesitamos volver de nuevo al “mundo de la química”, esta vez para aprender a expresar la composición de una disolución. Como recordarán, las disoluciones son mezclas homogéneas cuyos componentes pueden encontrarse en cantidades variables. Por eso, para caracterizar una disolución desde el punto de vista químico no basta con conocer los componentes de la disolución (lo que hay) sino que necesitamos conocer la proporción en que estos se encuentran (cuánto hay).

Existen diferentes maneras de expresar la composición de una disolución. Nosotros vamos a utilizar una de las formas más usuales que recibe el nombre de **concentración en masa**, que es la forma en que aparecen los datos en la etiqueta anterior.

El objetivo de esta tarea es analizar el significado del término concentración y los factores de los que depende. Además, Por último, queremos que aprendas a expresar numéricamente la composición de una disolución.

Idea clave: PARA CONOCER LA COMPOSICIÓN DE UNA DISOLUCIÓN NECESITAMOS CONOCER LAS SUSTANCIAS DISUELTAS Y SU CONCENTRACIÓN.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Romero López - mayo 2012 Página 26

Figura 6.58. Introducción a la tarea 4.

Como complemento a lo indicado por el profesor, *E22* y *E04* completan la lectura de la página 26 (figura 6.59). Tras cada párrafo el profesor pregunta sobre lo leído y “fuerza” a que el grupo colabore y realice una síntesis de las ideas principales; esta lectura se concluye con la presentación de la primera idea clave de la tarea 4 (figura 6.59).

Idea clave: PARA CONOCER LA COMPOSICIÓN DE UNA DISOLUCIÓN NECESITAMOS CONOCER LAS SUSTANCIAS DISUELTAS Y SU CONCENTRACIÓN.

Figura 6.59. Primera idea clave de la tarea 4.

Tal como se comenta en la introducción de esta tarea, para expresar la composición cuantitativa de una disolución se utiliza la magnitud física “concentración en masa de soluto”, que nos informa sobre la masa de soluto que se encuentra en una cantidad unitaria de volumen de disolución (Melo, 1987). Para expresar esta magnitud se eligen las

unidades “gramos de soluto disuelto por litro de disolución” y “miligramos de soluto disuelto por litro de disolución” (esta última es la que se emplea en el análisis químico del agua embotellada presentado al grupo).

Es bien conocido que una de las dificultades para manejar los aspectos cuantitativos de las disoluciones proviene de la correcta comprensión del concepto de concentración (Çalýk, Ayas y Ebenezer, 2005; Stavy, 1981). De acuerdo con su significado físico, la concentración de una disolución es función de dos variables, directamente proporcional a la cantidad de soluto e inversamente proporcional al volumen de disolución: *«Esta doble dependencia constituye, a la hora de evaluar las concentraciones, una de las responsables de los errores y dificultades que tienen los alumnos para resolver problemas»* (Blanco, 2000; p. 125). Según Pozo *et al.* (1991) los estudiantes suelen fijar su atención solo en una de las dos variables o les resulta más sencillo resolver problemas donde cambia únicamente la cantidad de soluto.

Basándonos en las orientaciones que proponen estos autores para la enseñanza y el aprendizaje de las disoluciones, el tratamiento en el aula de este nuevo atributo se conformará en base a los siguientes aspectos: se comenzará por una aproximación cualitativa al concepto de concentración que permita a los estudiantes comprender la forma en que cada una de las dos variables antes citadas interviene. Seguidamente se trabajará con relaciones numéricas presentando a los estudiantes parejas de ejemplos de disoluciones debidamente seleccionadas, entre las que debe diferenciar cuál está más concentrada.

A este respecto, las actividades de clase deben permitir poner de manifiesto las siguientes tres posibilidades: a) por un lado, la función directa: un incremento en la cantidad de soluto aumenta la concentración; b) la función inversa: un incremento en la cantidad de disolvente decrece la concentración y finalmente, c) la intensividad: un cambio en la cantidad de disolución no cambia su concentración (Stavy, 1981).

Se inicia este proceso con el desarrollo de la actividad A.4.1, en la que se presentan los factores de los que depende la magnitud concentración en masa antes citada (figura 6.60); como primera aproximación al concepto de concentración, y partiendo de una disolución de sal común en agua, se propone que el estudiante utilice el sabor salado del agua como indicador cualitativo de la concentración de la mezcla (agua más salada = disolución más concentrada), a la vez que, mediante una serie de situaciones sencillas se van introduciendo los dos factores de los que depende el sabor salado del agua (funciones inversa y directa).

La actividad contiene un texto que debe leerse individualmente, pero a requerimiento de los estudiantes se vuelve a realizar la lectura en gran grupo; en este caso, E06 y E12 se encargan de la lectura del texto, sin que el profesor registre preguntas acerca de su contenido.

A.4.1. ¿Qué significa concentración?

Lee el siguiente texto y contesta a la cuestión planteada.



De nuevo nos encontramos con otra palabra que en lenguaje cotidiano tiene múltiples significados pero que también se emplea en el lenguaje científico. Vamos a tratar de aclarar con qué significado se emplea el término concentración cuando nos estamos refiriendo a una disolución.

CONCENTRACIÓN



Voluntarios, una vez más, a nuestra disolución de agua y sal común. Podemos utilizar el sabor salado como un indicador de la concentración de sal en la disolución: agua más salada = disolución más concentrada.

Pero, ¿de qué depende que nuestra disolución esté más o menos salada? Fíjate en los siguientes vasos donde se ha disuelto una cierta cantidad de sal común (indicada en gramos (g)) en un determinado volumen de agua (indicado en mililitros (mL)).

De la siguiente pareja, ¿qué vaso tendrá el agua más salada? ¿Por qué?

10 mL.  A	10 mL.  B	<input type="checkbox"/> El vaso A <input type="checkbox"/> El vaso B <input type="checkbox"/> Los dos iguales
--	--	--

Y de la siguiente pareja, ¿qué agua está más salada? ¿Por qué?

10 mL.  C	20 mL.  D	<input type="checkbox"/> El vaso C <input type="checkbox"/> El vaso D <input type="checkbox"/> Los dos iguales
--	--	--

Solemos pensar que el sabor salado depende únicamente de la cantidad de sal que hacemos añadido. Pero como has visto también depende de la cantidad de agua que hacemos utilizando para disolverlo, es decir, del volumen de la disolución.

Este resultado podemos generalizarlo de la siguiente manera: la concentración de un soluto en una disolución depende de dos factores: de la cantidad de soluto añadido y del volumen de la disolución preparada.

a) "Este caldo está muy salado échale un poco de agua". Justifica desde el punto de vista químico qué ocurre al añadir agua al caldo.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanco López - mayo 2012

Página 27

Figura 6.60. Actividad A.4.1 (tarea 4).

La interacción continua del profesor con el grupo en forma de breves cuestiones sobre el contenido del texto hace que las ideas principales se repitan una y otra vez, si bien es cierto, que no todos los estudiantes participan de esta dinámica.

«He insistido bastante en la idea de que el sabor salado del agua no depende solo de la cantidad de sal, también depende de la cantidad de agua añadida. Les parece algo lógico. Me aseguran que se ha entendido bien el texto. No manifiestan dudas al respecto».

(Diario del profesor observador)

Tras la lectura E23 se encarga de presentar la pregunta que acompaña al texto (figura 6.60), y el grupo dispone de unos minutos para completarla. La pregunta planteada propone una afirmación que puede presentarse en situaciones cotidianas pero que los estudiantes deben interpretar desde la perspectiva de la química; en nuestra opinión, esta

cuestión debe vincularse con la competencia de *explicar fenómenos científicamente*. El profesor considera que se trata de una cuestión sencilla, de manera que para ganar algo de tiempo anuncia al grupo que no se va a corregir en clase.

En el análisis posterior de los cuadernillos de trabajo el profesor constata que los estudiantes entendieron bien el sentido de esta pregunta, al ofrecer explicaciones adecuadas a lo que la cuestión demanda, si bien no son muchos los que manejan con suficiente precisión el lenguaje químico requerido. Así únicamente nueve de los estudiantes hicieron uso del término químico “concentración” para explicar la situación planteada, mientras que los demás estudiantes no lo utilizan o no lo hicieron con la precisión deseada, aunque en general, se consigue entender las conclusiones obtenidas. Seguidamente, se muestran varias respuestas que reflejan esta situación:

«Que estaría menos concentrado en sal» (E01).

«Al añadir más agua disminuye la concentración de sal en esta» (E03).

«Al añadirle más agua la concentración de sal sería menor» (E08).

«Que la concentración del caldo sería menor» (E11).

«Porque al añadirle más agua, se nota menos el sabor salado, ya que depende no solo de la cantidad de sal, sino también de la cantidad de agua» (E17).

«Sucedería que el caldo se pondría menos salado ya que al añadirle agua se disuelve más» (E18).

«Que al haber más agua la sal se disuelve más y no tiene tanto sabor» (E24).

Cerramos esta selección con el trabajo de E05 que muestra una respuesta adecuadamente contextualizada a lo que demanda la actividad (figura 6.61).

- a) “Este caldo está muy salado échale un poco de agua”. Justifica desde el punto de vista químico qué ocurre al añadir agua al caldo.
- Que la concentración del caldo sería menor, es decir cuando más agua menor sabor salado tendrá ✓

Figura 6.61. Respuesta de E05 a la actividad A.4.1 (tarea 4).

E17 concluye el desarrollo de la actividad A.4.1 con la lectura de la idea clave que resume lo apuntado en la lectura (figura 6.62).

Idea clave: LA CONCENTRACIÓN DE UN SOLUTO EN UNA DISOLUCIÓN DEPENDE DE LA CANTIDAD DE SOLUTO DISUELTO Y DE LA CANTIDAD DE DISOLUCIÓN.

Figura 6.62. Segunda idea clave de la tarea 4.

Tratando de buscar siempre el nexo de unión y la coherencia interna de las actividades que se plantean en la secuencia, el profesor explica al grupo que el “sabor salado” es un indicador cualitativo pero que no es suficiente para expresar la composición de una disolución:

Profesor: *¿Qué queremos hacer ahora?*

E17: *Medir la concentración.*

Profesor: *Efectivamente. El sabor salado es una forma cualitativa, (...) no es suficiente. Necesitamos expresar la concentración de forma cuantitativa, y esto es lo que vamos a hacer con la siguiente actividad.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

Idea clave: LA CONCENTRACIÓN DE UN SOLUTO EN UNA DISOLUCIÓN DEPENDE DE LA CANTIDAD DE SOLUTO DISUELTO Y DE LA CANTIDAD DE DISOLUCIÓN.

Hasta aquí nos hemos referido a la concentración de una disolución de una manera cualitativa. Pero no es suficiente, en lenguaje químico también necesitamos expresar de forma numérica la concentración. La concentración en masa de una disolución se puede expresar utilizando diferentes unidades. Una de las más empleadas es el “gramo por litro” (g/L) y es la que nosotros utilizaremos también.

En las actividades que siguen aprenderemos a calcular numéricamente la concentración en masa de una disolución y a expresarla en la unidad “gramos por litro”.

Observa la pareja siguiente: ¿qué agua está más salada?

Nuestro grupo de alumnos y el profesor se plantean ahora esta cuestión:

— Ahora qué agua está más salada —preguntó el profesor.

— Con estos datos el resultado no es tan evidente como en los ejemplos anteriores —intervino Santiago.

— Entonces, ¿qué podemos hacer para comparar el sabor salado de ambas disoluciones —insistió el profesor.

— Yo tengo una idea —dijo Lucía.

— ¿Qué sorpresa! —dijo Santiago.

— Si el sabor salado depende tanto de la cantidad de sal como del volumen de disolución, ¿por qué no tomamos el mismo volumen?, así sólo nos fijaremos en la cantidad de sal —dijo Lucía ignorando a Santiago.

— ¿Puedes explicarte mejor? —dijo el profesor.

Autores: Patricia Rodríguez Mora y Ángel Blanco López — mayo 2012
Página 20

Figura 6.63. Lectura preparatoria para la actividad A.4.2 (tarea 4).

De esta manera comienza el desarrollo de la actividad A.4.2. Primeramente el profesor presenta una pareja de ejemplos de disoluciones y pregunta cuál contiene el agua más

salada (figura 6.63). El grupo acepta que la comparación no es tan evidente como en los ejemplos anteriores ya que estas disoluciones no tienen en común ni la cantidad de sal ni la cantidad de agua.

Para tratar de resolver esta cuestión el profesor les presenta un nuevo diálogo ficticio, (figura 6.64) con los mismos participantes imaginarios que protagonizaron el diálogo de la tarea 3; en este segundo diálogo se discute la mejor manera de comparar el sabor salado de esta pareja de vasos con agua y presenta una posible forma de actuación.

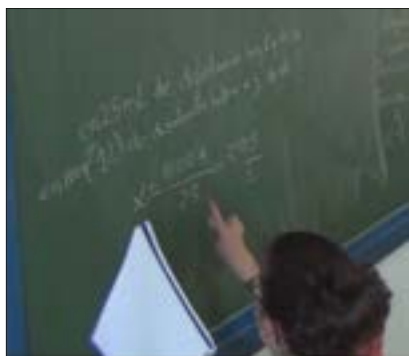
– Ahora qué agua está más salada –preguntó el profesor.
– Con estos datos el resultado no es tan evidente como en los ejemplos anteriores – intervino Santiago.
– Entonces, ¿qué podemos hacer para comparar el sabor salado de ambas disoluciones – insistió el profesor.
– Yo tengo una idea –dijo Lucía.
– ¡Qué sorpresa! –dijo Santiago.
– Si el sabor salado depende tanto de la cantidad de sal como del volumen de disolución, ¿por qué no tomamos el mismo volumen?, así sólo nos fijáramos en la cantidad de sal –dijo Lucía ignorando a Santiago.
– ¿Puedes explicarte mejor? –dijo el profesor.

Figura 6.64. Lectura preparatoria para la actividad A.4.2 (tarea 4).

A esta altura de la clase el ambiente de trabajo sigue siendo bastante bueno y el grupo se muestra colaborador, por lo que el profesor decide volver a escenificar este nuevo diálogo con los mismos tres estudiantes, *E22*, *E12* y *E03* que ya lo hicieron al inicio de la sesión.

De este nuevo diálogo, el profesor destaca especialmente, la solución que propone una de las protagonistas: comparar la cantidad de soluto que hay en un mismo volumen de disolución. Informa que seguidamente se verá con más detenimiento cómo realizar este proceso.

El profesor lee el enunciado de la actividad A.4.2; explica en detalle el ejemplo que se propone y deja al grupo unos momentos para que la completen. El objetivo de esta actividad es que los estudiantes apliquen el cálculo proporcional para la determinación de la concentración en masa de una disolución. Creemos que esta actividad, en relación al desarrollo de competencias científicas, demanda del estudiante la *interpretación de pruebas y elaboración y comunicación de conclusiones*.



Tras varios minutos en los que el profesor puede observar que el cálculo no presenta dificultad para los estudiantes, E05 se encarga de corregir la actividad en la pizarra. El grupo se muestra de acuerdo con la solución; el profesor le pide que interprete en voz alta el resultado obtenido lo que hace correctamente: «240 g de sal por litro de disolución». Recuerda a los estudiantes que revisen sus respuestas.

Concluido el cálculo de la concentración en masa los estudiantes deben justificar, de acuerdo a los resultados obtenidos, qué vaso contiene “el agua más salada”; en este caso el profesor observa que si bien los estudiantes, sin excepción, eligieron el vaso F, no todos razonan correctamente esta elección; así por ejemplo, varios estudiantes utilizan únicamente la cantidad de sal (función directa) como factor determinante y omiten la influencia del volumen de la disolución, como muestra la respuesta de E10 (figura 6.65).

A.4.2. Completa los cálculos para el vaso F siguiendo el ejemplo. Después justifica en qué vaso es mayor la concentración de sal.

(Antes de realizar los cálculos recuerda que 1 L. = 1000 mL)

Disolución E
en 10 mL de disolución hay 2 g de sal
en 1000 mL (1 L) de disolución habrá x g de sal

$$x = \frac{1000 \cdot 2}{10} = 200 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

200 gramos de sal en cada litro de disolución

Disolución F
en 25 mL de disolución hay 6 g de sal
en 1000 mL de disolución habrá x g de sal

$$x = \frac{1000 \cdot 6}{25} = 240 \frac{\text{g}}{\text{L}} \quad \checkmark$$

a) ¿Qué agua está más salada? ¿Por qué?

La disolución F porque tiene más sal.

Figura 6.65. Respuesta de E10 a la actividad A.4.2 (tarea 4).

Seguidamente se muestran otras respuestas representativas de lo indicado:

«La F porque tiene más sal» (E21).

«La F, porque tiene 40 g más de sal que la disolución E» (E23).

«El agua más salada es la F, porque tiene más gramos de sal» (E26).

Otras respuestas sí muestran un razonamiento más adecuado al hacer referencia a los dos factores (masa y volumen), o bien, manejan el término de “concentración”:

«La F porque tiene más gramos de sal por cada litro de agua» (E03).

«La F, porque en 1 litro tiene más gramos de sal» (E08).

«La F porque tiene mayor concentración de sal» (E12).

«La F, porque tiene más gramos de sal en cada litro de disolución» (E15).

La situación referida plantea dudas al docente acerca de la mejor manera de avanzar en los contenidos de química, tal como queda registrado en el diario de clase:

«Me esperaba mejores resultados; creía que había quedado claro con los ejemplos de clase, pero me doy cuenta de que muchos estudiantes explican el sabor salado teniendo en cuenta solo la cantidad de sal, ignorando el volumen de agua, a pesar de que había insistido bastante en esto».

«Sin embargo, otros pocos casi siempre suelen dar buenas respuestas. Está claro que no todos asimilan correctamente los mismos contenidos. No sé cómo mejorar el aprendizaje de estos conceptos. Quizá sea un tema de interés...».

(Diario del profesor observador)

Para finalizar con el proceso de introducción de la magnitud concentración en masa, el profesor presenta la segunda parte del diálogo ficticio antes iniciado (figura 6.66), y que vuelve a ser escenificado por los mismos estudiantes anteriores.

- Ya entiendo, mediante una "regla de tres" hemos calculado los gramos de sal que se encontrarían disueltos en 1 L de disolución -comentó Santiago.
- Así es. Ahora podemos determinar qué agua estará más salada comparando la concentración de sal en cada vaso -dijo el profesor.
- Sigo sin comprender.... En el vaso E no tenemos 1 L de disolución tenemos sólo 10 mL -dijo Alberto.
- Exactamente, hay menos cantidad pero el agua del vaso estaría igual de salada -dijo el profesor.
- Pero es que hay menos sal disuelta en 10 mL que en 1000 mL -dijo Alberto.
- Por supuesto, pero recuerda que el sabor salado del agua no depende sólo de la cantidad de sal... -estaba diciendo el profesor.
- ¡Claro! Aunque hay menos sal disuelta también hay menos agua y por eso el sabor salado sigue siendo el mismo.
- O como dirían los químicos, la concentración no varía porque la proporción cantidad de sal/cantidad de agua sigue siendo la misma -intervino Lucía.
- Exactamente. En realidad la concentración expresa el cociente entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolución. Por tanto, aunque tomes distintas cantidades de una misma disolución su concentración no cambia.

Figura 6.66. Segunda parte del diálogo sobre los factores que influyen en la concentración.

En esta parte final del diálogo se termina de precisar algunos aspectos sobre las disoluciones, como el hecho de que la concentración en masa representa una propiedad intensiva, cuyo valor es independiente de la cantidad de disolución manejada (un aspecto especialmente difícil para los estudiantes según la literatura consultada). No obstante, y de acuerdo con las observaciones de clase, el profesor vuelve, con especial énfasis, a poner de manifiesto que el sabor salado del agua no depende únicamente de la cantidad de sal añadida, sino de la proporción cantidad de sal/cantidad de agua (concentración en masa).

Basándose en esta proporción, y como alternativa al cálculo proporcional antes utilizado, el profesor presenta a los estudiantes otra posibilidad para la determinación de la concentración de una disolución, mediante la relación entre la masa de soluto (función directa) y el volumen de disolución (función inversa) (figura 6.67).

– Ya entiendo, mediante una “regla de tres” hemos calculado los gramos de sal que se encontrarían disueltos en 1 L de disolución –comentó Santiago.

– Así es. Ahora podemos determinar qué agua estará más salada comparando la concentración de sal en cada vaso –dijo el profesor.

– Sígo sin comprender.... En el vaso E no tenemos 1 L de disolución tenemos sólo 10 mL –dijo Alberto.

– Exactamente, hay menos cantidad pero el agua del vaso estaría igual de salada –dijo el profesor.

– Pero es que hay menos sal disuelta en 10 mL que en 1000 mL –dijo Alberto.

– Por supuesto, pero recuerda que el sabor salado del agua no depende sólo de la cantidad de sal.... –estaba diciendo el profesor.

– ¡Claro! Aunque hay menos sal disuelta también hay menos agua y por ese el sabor salado sigue siendo el mismo.

– O como dirían los químicos, la concentración no varía porque la proporción cantidad de sal/cantidad de agua sigue siendo la misma –intervino Lacia.

– Exactamente. En realidad la concentración expresa el cociente entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolución. Por tanto, aunque tomes distintas cantidades de una misma disolución su concentración no cambia.

De lo dicho por el profesor podemos concluir que otra forma de hallar la concentración en masa de un soluto (expresada en gramos por litro) es con la expresión:

$$\text{concentración en gramos por litro} = \frac{\text{masa de soluto (en gramos)}}{\text{volumen de la disolución (en litros)}}$$

Idea clave: LA CONCENTRACIÓN DE UN SOLUTO EN UNA DISOLUCIÓN EXPRESA EL COCIENTE ENTRE LA CANTIDAD DE SOLUTO Y LA CANTIDAD DE DISOLUCIÓN.

Idea clave: LA CONCENTRACIÓN DE UNA DISOLUCIÓN NO CAMBIA AUNQUE TOMEMOS DISTINTAS CANTIDADES DE DISOLUCIÓN.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blasco López – mayo 2012
Página 30

Figura 6.67. Página 30 del cuaderno de trabajo.

Finalmente, *E10* se encarga de la lectura de las dos ideas clave que cierran la actividad A.4.2 (figura 6.67).

Para concluir la sesión el profesor pide a los estudiantes que completen la actividad A.4.3, lo que provoca quejas de varios de ellos: han transcurrido 50 minutos y los estudiantes manifiestan no querer seguir trabajando, y así se lo indican al profesor, pidiéndole que “lo dejen por hoy” (debe recordarse que nos encontramos en quinta hora lectiva del día). El profesor les comenta que no se debe acumular más retraso en el desarrollo y les insiste en continuar: se trata de una actividad corta que se completa en pocos minutos; el grupo coopera y el profesor les agradece su colaboración.

En esta última actividad, complementaria de la anterior, los estudiantes tienen que determinar la concentración en masa de dos parejas de disoluciones de sal común en agua, a partir de datos de masa y volumen, para diferenciar cuál está más concentrada (figura 6.68). El profesor les recuerda que pueden realizar la actividad bien aplicando la expresión matemática antes citada, o bien realizando un cálculo proporcional (regla de tres directa), para que elijan el método que consideren. Se trata de una actividad que debe relacionarse con el fomento de la competencia de *utilizar pruebas científicas*.

A.4.3. Expresa la composición de las siguientes disoluciones indicando los gramos de sal disueltos por litro de disolución, y justifica de cada pareja qué vaso contendrá el agua más salada:

I II

III IV

Volvamos a nuestro mundo cotidiano y a nuestra botella de agua. En la siguiente actividad vamos a aplicar lo aprendido para interpretar mejor la información que aparece en la etiqueta.

A.4.4. Analiza atentamente los datos del análisis químico. Podrás observar que la composición del agua expresa la concentración en masa para cada una de las sustancias disueltas.

a) ¿Qué unidad se emplea para expresar la concentración de cada soluto?

Figura 31

Autores: Francisco Rodríguez Morís y Ángel Blanco-López - mayo 2012

Figura 6.68. Actividad A.4.2 (tarea 4).

«Durante los minutos que el grupo tarda en completar la actividad A.4.3 aprovecho para sondear el grado de dificultad. Hay unanimidad en que la actividad es muy sencilla. Miro los cuadernos y la mayoría realizan bien los cálculos aunque no todos ponen las unidades correctamente».

(Diario del profesor observador)

La actividad se concluye con una rápida puesta en común en la que el profesor comprueba que los resultados obtenidos son coincidentes. Como ejemplo se muestra la actividad tal como ha sido realizada por E01 que elige la resolución basada en el cálculo proporcional (figura 6.69).

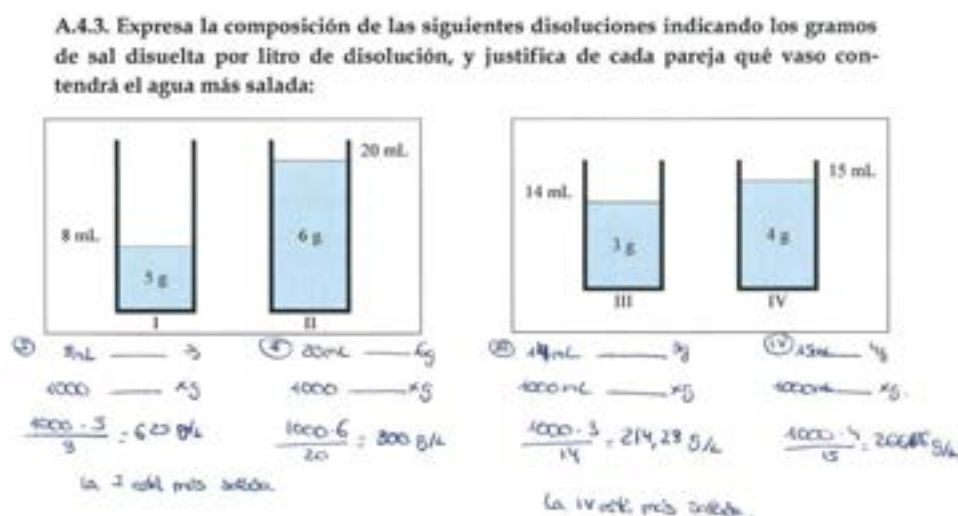


Figura 6.69. Respuesta de E01 a la actividad A.4.3 (tarea 4).

Se ha procurado con estas dos últimas actividades que los estudiantes manejen datos cuantitativos. El reconocimiento de datos y su aplicación a explicaciones científicas o a la resolución de problemas es considerado como una capacidad relevante en el desarrollo de la competencia científica. Engloba esta capacidad que el estudiante sea capaz, por ejemplo, de identificar o describir datos, maneje procedimientos científicos o utilice términos científicos, símbolos y unidades de magnitudes, lo que debe traducirse en una mejor comprensión del conocimiento científico (AA.VV, 2009).

El siguiente extracto del cuaderno de clase muestra la opinión del profesor participante acerca del desarrollo de la sesión de hoy:

«Creo que la mayoría de los estudiantes siguen sin demasiada dificultad el desarrollo de las actividades: en mi opinión son sencillas. Los apartados que exigen una explicación científica o un razonamiento están dando perores resultados de los esperados. También es cierto que no suele haber muchas actividades de este tipo en clase».

«Respecto a la secuencia: dudo bastante que los aspectos relacionados con la intensidad hayan quedado claros. No hay actividades en la secuencia para profundizar en esta idea. Habría que reflexionar sobre esto».

(Diario del profesor observador)

6.2.7. SESIÓN 7

Contenido de la sesión

Jueves, 17 de mayo de 2012	08:15 h – 09:15 h	Aula del grupo 3º ESO A	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 7			
TAREA 4: ¿CÓMO SE EXPRESA LA COMPOSICIÓN DE UNA DISOLUCIÓN? (continuación)			
Interrogante abordado: ¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC(*)
A.4.4. Interpretación de los datos de concentración que aparecen en una etiqueta de agua mineral natural.	Trabajo en gran grupo.	<ul style="list-style-type: none">– Aplicar los nuevos conocimientos para interpretar los datos de análisis químico en una etiqueta de agua embotellada.– Reconocer la unidad mg/L que aparece en las etiquetas de agua embotellada.	Explicación científica de fenómenos. <ul style="list-style-type: none">– E3 Utilización de pruebas científicas. <ul style="list-style-type: none">– U1
A.4.5. El estudiante, con el apoyo de las TIC, debe completar un cuadro con la composición química de distintos materiales que pueden considerarse ejemplos de disoluciones de interés cotidiano.	Trabajo individual con apoyo TIC.	<ul style="list-style-type: none">– Conocer que las disoluciones pueden aparecer en distintos estados físicos (sólido, líquido y gaseoso).– Reconocer ejemplos de disoluciones a nuestro alrededor.– Conocer la composición químicas de algunas disoluciones de interés.– Valorar la importancia de las disoluciones en nuestra vida diaria.	Explicación científica de fenómenos. <ul style="list-style-type: none">– E3
TAREA 5: ¿QUÉ DIFERENCIAS HAY ENTRE EL AGUA EMBOTELLADA Y EL AGUA DEL GRIFO?			
Interrogante abordado: ¿Qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC(*)
A.5.1. Tras la consulta de etiquetas de agua embotellada y análisis químicos de agua del grifo, elaboración de una tabla de datos para comparar la concentración de iones fundamentales en ambos tipos de agua obteniendo algunas conclusiones.	Trabajo en pequeño grupo. Trabajo en gran grupo.	<ul style="list-style-type: none">– Interpretar datos de análisis químicos de agua mineral natural y de agua del grifo.– Obtener información de una etiqueta de agua mineral natural.– Comparar la concentración de iones de ambos tipos de agua para obtener conclusiones.– Utilizar los conocimientos científicos para la toma de decisiones.	Utilización de pruebas científicas. <ul style="list-style-type: none">– U1– U2

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

Con la sesión de hoy se finaliza la tarea 4 y se concluye la secuencia de actividades relacionadas con la descripción química del agua embotellada (y del agua del grifo) como sistemas materiales: son los contenidos químicos imprescindibles para poder entender de forma suficiente el contexto elegido, en relación a lo que Pro (2012a) llama «la ciencia para atender las necesidades ciudadanas» (p. 85).

Finalizada la tarea 4 se inicia el análisis de un nuevo interrogante organizador: *¿Qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo?*, que se concreta en el desarrollo de la Tarea 5. Esta tarea, junto con la tarea 6, conforman la tercera fase del desarrollo de la secuencia didáctica: *Aplicación y generalización del conocimiento*.

Desde una perspectiva de no sólo *aprender del contexto* sino, además, *aprender sobre el contexto*, se pretende que el estudiante analice algunas diferencias del agua embotellada con el agua del grifo, de forma particular su composición química y seguridad alimentaria. La tarea 5 consta de tres actividades: en la sesión de hoy se desarrolla la actividad A.5.1 aunque no puede completarse en su totalidad, concluyéndose en la sesión próxima, como justificaremos seguidamente.

Descripción de la sesión

Como viene siendo habitual el profesor dedica los primeros minutos a repasar las ideas principales de la última sesión, con el objeto de que el grupo se vaya centrando. Tras finalizar el estudio de las disoluciones desde el punto de vista químico, como dice el profesor, se trata de que *volvamos a nuestro mundo cotidiano y a nuestra botella de agua*. Con la idea apuntada en la sesión anterior, de que el estudiante encuentre cierta utilidad a aquello que se le enseña, la actividad A.4.4 se plantea con el objetivo de que los estudiantes reconozcan y manejen la magnitud concentración en masa en un análisis químico típico de los que se encuentran en cualquier etiqueta de agua mineral natural (figuras 6.68 y 6.70).

b) Indica los tres "ingredientes" que presentan una mayor concentración en agua.

c) ¿Qué significa el dato (Na) 2,8 mg/L?

d) Si bebieras un vaso de 200 ml. de esta agua, ¿podrías ingerir más de "calor" o estarías ingiriéndolo?

e) ¿Qué cosa que significa la frase "calor no a 180 °C" ... 28 mg/L?

Comprueba tu respuesta: <http://bit.ly/condicionamiento-agua.html>.

¿ESTAMOS BODEANDO DE DISOLUCIONES!

Hasta ahora nos hemos referido al agua embotellada y al agua del grifo como ejemplos de disoluciones. Pero en realidad, estamos "bodeando" de disoluciones por todas partes. Incluso muchos de los procesos que nos mantienen con vida sólo son posibles gracias a las disoluciones. Entenderlos por qué el estudio de estos sistemas es tan importante para la Química.

La siguiente actividad puede ayudarte a que seas más consciente de la presencia de las disoluciones en tu vida cotidiana. Por otro lado, hasta ahora nos hemos estado refiriendo a disoluciones líquidas pero en esta actividad te vamos a plantear otros ejemplos de disoluciones que se presentan en estado gaseoso o sólido.

Autores: Beatriz Rodríguez Rivas | Jorge Rivas López | mayo 2011

Figura 6.70

Figura 6.70. Actividad A.4.4 (continuación) (tarea 4).

En esta actividad se plantea al estudiante cinco preguntas, las tres primeras de respuesta directa, en el sentido de que la información demandada se puede obtener de forma sencilla de los datos del análisis. La cuarta pregunta exige la aplicación del cálculo proporcional –al estilo de lo realizado en la actividad A.4.3– para determinar la masa de ion calcio (Ca^{2+}) que se ingiere al beber un cierto volumen de agua mineral. En estas cuatro primeras cuestiones el estudiante debe familiarizarse con la unidad “miligramo por litro” para expresar la concentración en masa, unidad de uso frecuente en el análisis químico de aguas de bebida: asimismo, se manejan e interpretan datos cuantitativos y el estudiante aplica los conocimientos de la ciencia a un situación determinada, aspectos implícitos en la competencia de *explicar fenómenos científicamente*. La última cuestión, que complementa a las anteriores, contiene un enlace web donde el estudiante puede consultar el significado de la leyenda *residuo seco* que aparece en cualquier etiqueta de agua mineral natural.

E09 se encarga de presentar las distintas cuestiones de la actividad, que se complementa con alguna intervención y matización por parte del profesor. El grupo atiende a todo cuanto el profesor plantea, pero no logra que se implique de forma más activa en el desarrollo y puesta en común de la actividad, salvo excepción de algunos estudiantes que intervienen de forma espontánea respondiendo a las cuestiones que el profesor plantea, mientras que el resto sólo transcribe estas respuestas en el cuadernillo de trabajo.

«Los apartados b), c) y d) no han planteado, como suponía ningún problema. Pero con el apartado a) me he llevado una buena sorpresa cuando algunos estudiantes (incluso de los más aventajados) eligen el residuo seco como uno de los “ingredientes” del agua. La verdad es que no se me había ocurrido que esto pudiera pasar. Muy probablemente era la primera vez que muchos de estos estudiantes escuchaban este término».

(Diario del profesor observador)

El apartado d) contiene una serie de cálculos numéricos por lo que E08 se encarga de corregirlo en la pizarra, lo que hace de forma correcta. El profesor aprovecha la corrección para matizar una vez más el significado físico de la magnitud concentración en masa, y puede constatar que la mayor parte de los estudiantes realizan de forma correcta este apartado.

Tras varios intentos y por distintos motivos técnicos con la conexión de banda ancha el apartado e) no puede realizarse, por lo que el profesor comunica al grupo que se pospone a la tarea 6 en la que están programadas varias actividades de búsqueda y consulta de información en la red.

«No sé el motivo, quizá por ser primera hora de la mañana, pero se ha necesitado bastante tiempo para realizar la actividad. Vamos bastante retrasados. Además hemos perdido mucho tiempo con la conexión a internet que no funcionaba correctamente».

(Diario del profesor observador)

En la figura 6.71 se muestra la actividad que completa E14.



- a) ¿Qué unidad se emplea para expresar la concentración de cada soluto?

$$\frac{\text{Mg}}{\text{L}}$$

- b) Indica los tres "ingredientes" que presentan una mayor concentración en masa.

Cloruro 8,8 mg/L

Silice 6,0 mg/L

Sódico 5,9 mg/L

- c) ¿Qué significa «Sodio (Na)..... 5,9 mg/L»?

Que por cada litro de esta agua habrá 5,9 mg de sodio.

- d) Si bebieras un vaso de 200 mL de esta agua, ¿cuántos miligramos de "calcio" estarías ingiriendo?

100 mL → 0,5 mg

200 mL → x

$$x = \frac{200 \cdot 0,5}{100} = 0,1 \text{ mg}$$

- e) ¿Qué crees que significa la frase «Residuo seco a 180 °C... .. 28 mg/L»?

Figura 6.71. Respuesta de E14 a la actividad A.4.4 (tarea 4).

Tras su corrección y no planteándose ninguna pregunta ni aclaración por parte del grupo, se continúa con la lectura de los párrafos que introducen la actividad A.4.5 (figura 6.72). El profesor pide a E16 que lea estos párrafos en los que se presenta la extensión del concepto de disolución a otros sistemas materiales cotidianos, incluidos aquellos que no se encuentran en estado líquido. E03 ayuda a E16 a sintetizar el texto y el profesor plantea algunos ejemplos en un intento de hacer más consciente al grupo de la importancia de las disoluciones en nuestra vida diaria.

A.4.5. Siguiendo el ejemplo completa el cuadro informativo para las distintas disoluciones que se presentan. Añade otros ejemplos en los cuadros finales. Busca información en la web en caso necesario.

EJEMPLOS DE DISOLUCIONES EN LA VIDA DIARIA		
		
Agua de colonia	Agua del mar	
Componentes principales: alcohol, esencias de plantas. Disolución en estado líquido.		
		
		Anillo de acero
		
Suero fisiológico	Figura de bronce	

a) ¿Qué tienen en común estos materiales para que se consideren disoluciones?

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blasco López - mayo 2012 Página 31

Figura 6.72. Actividad A.4.5 (tarea 4).

Tras esta introducción *E16* presenta la actividad A.4.5 y el profesor explica lo que la actividad demanda, utilizando el ejemplo resuelto de “agua de colonia” que se acompaña. El objetivo de esta nueva actividad es que el grupo reconozca que muchos de los materiales cotidianos que se manejan habitualmente son en realidad disoluciones: colonias, lejía, gasolina, acero, bronce, etc., lo que se espera que contribuya a que el grupo valore su importancia y utilidad. El profesor insiste en la idea de que las disoluciones no tienen por qué ser líquidas y se apoya en el ejemplo del acero para mostrar esta idea. Opinamos que esta actividad favorece el fomento de la competencia de *explicar fenómenos científicamente*, pues requiere la *aplicación de los conocimientos científicos a una situación determinada*.

Según la planificación realizada esta actividad debe realizarse de forma individual por lo que el profesor, para tratar de compensar parte del retraso acumulado, pide que se realice en casa, lo que provoca algunas protestas por parte de los estudiantes. El profesor justifica su decisión y el grupo acaba aceptando la proposición: los estudiantes se

llevarán el cuaderno para realizar la actividad, y deberán entregarlo debidamente cumplimentado en la próxima sesión, pudiéndose consultar la web o cualquier otro recurso que se crea oportuno.

«Les he pedido que la completen para el próximo día. Es la primera vez que los estudiantes deben trabajar fuera del aula. Me preocupa que los cuadernillos se puedan extraviar. Les he pedido que tengan mucho cuidado. Todos se han comprometido a traerlos para la próxima clase».

(Diario del profesor observador)

La situación que se narra seguidamente no transcurre, en realidad, a la sesión de hoy. No obstante, opinamos que la coherencia narrativa exige su inclusión en este punto.

Unos minutos antes de finalizar la siguiente sesión de trabajo (sesión 8 del 23 de mayo de 2013), el profesor recoge los cuadernos observando que únicamente E18 ha realizado la actividad A.4.5. Incluso aquellos estudiantes que viene mostrando “bastante colaboración” con el desarrollo de la secuencia presentan la actividad sin completar. Esta situación desconcierta al profesor que pregunta el por qué. El tener varios exámenes o se me ha olvidado, son las razones que manifiestan los estudiantes, y el profesor les traslada su malestar con lo ocurrido. No obstante, la clase ha finalizado y el profesor decide no insistir más en ello. La actividad que presenta E18 se muestra en la figura 6.73.

EJEMPLOS DE DISOLUCIONES EN LA VIDA DIARIA		
		
Agua de colonia	Agua del mar	
Componentes principales: alcohol, esencias de plantas Disolución en estado líquido	Componentes principales: Agua y sales minerales Disolución en estado líquido	Componentes principales: Alcohol y agua Disolución en estado líquido
		
		Anillo de acero
C. principales: Soda y agua Disolución en estado líquido	C. principal: Petróleo Disolución en estado líquido	C. principal: Acero Disolución en estado sólido
		
Suero fisiológico	Figura de bronce	
C. principales: Agua y electrolitos Disolución en estado líquido	C. principal: Bronce Disolución en estado sólido	C. principal: oxígeno y dióxido de carbono (N_2) gases Disolución en estado gaseoso
a) ¿Qué tienen en común estos materiales para que se consideren disoluciones?		
Que están formados por dos o más sustancias. ;)		

Figura 6.73. Respuesta de E18 a la actividad A.4.5 (tarea 4).

Como puede observarse presenta algunas inexactitudes en cuanto a los componentes en algunos de los materiales presentados, y la actividad parece haberse completado de forma acelerada sin consultar la información necesaria tal como el profesor pretendía. Por otro lado, esta alumna pareció no entender del todo la cuestión planteada a tenor del contenido de su respuesta; es posible que la redacción de esta actividad se haya presentado demasiado “abierta”, lo que lleva a cierta confusión en cuanto a la respuesta esperada. Por tanto, debería considerarse la posibilidad de modificar su enunciado –con el objeto de que quede más explícita su finalidad– para futuras ediciones.

Con la actividad A.4.5 se concluye la tarea 4, y con ella, la fundamentación química del contexto elegido.

Tras este paréntesis narrativo volvemos a la descripción del desarrollo de la sesión de hoy.

Con la tarea 5 se inicia el análisis de un nuevo interrogante de la secuencia didáctica: *¿Qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo?* El profesor pide al grupo que consulte el índice del cuadernillo, y dedica unos minutos a recordar cómo está organizada la secuencia y los principales aspectos tratados, para que el estudiante comprenda mejor el sentido de la tarea que comienza.

El profesor les explica que, tras el contenido químico desarrollado a lo largo de las sesiones anteriores, parece oportuno dejar constancia de su utilidad para comprender mejor las situaciones relacionadas con el contexto del agua de bebida envasada. Una posible aplicación a dicho contexto se basa en la comparación de algunos aspectos del agua de bebida embotellada con los del agua de la red de abastecimiento público, aunque matiza convenientemente, que la finalidad de estas actividades no es “convencer” sobre qué tipo de agua debería consumirse o es mejor, sino disponer de información para poder tomar decisiones fundamentadas al respecto.

El profesor pide a *E10* que dé comienzo a la tarea 5 con la lectura de la página 35 del cuadernillo (figura 6.75), en la que se declara su finalidad; en palabras del profesor: *comparar el agua que bebemos embotellada con el agua del grifo*.

La primera actividad de esta tarea, actividad A.5.1, tiene por objeto que los estudiantes comparen la composición química de distintos tipos de aguas. Más concretamente, los estudiantes deben comparar la concentración en masa de diferentes iones fundamentales –aquellos que dotan al agua de su calidad diferenciadora–, presentes en distintos tipos de aguas (agua mineral natural embotellada y agua del grifo).

A tal fin, se presentan los análisis químicos de cuatro conocidas marcas de agua de bebida embotellada de consumo frecuente en nuestro país, junto con dos análisis del agua corriente de Sevilla y Granada (figuras 6.74, 6.75). Desde esta perspectiva esta actividad puede vincularse con el desarrollo de la competencia de *utilizar pruebas científicas*, tanto en su aspecto de *interpretación de datos* como en la *obtención de conclusiones*.

TAREA 5: ¿QUÉ DIFERENCIAS HAY ENTRE EL AGUA EMBOTELLADA Y EL AGUA DEL GRIFO?

En esta tarea queremos comparar el agua que bebemos embotellada con el agua del grifo. En realidad, nos vamos a centrar en dos aspectos que nos parecen especialmente relevantes: la composición y la seguridad.

Estas son las preguntas que nos vamos a plantear:

- ¿Lo que contiene el agua embotellada es muy distinto de lo que contiene el agua del grifo?
- ¿El agua que bebemos embotellada está más controlada, es más segura, que la que bebemos del grifo?

¿QUÉ HAY EN EL AGUA EMBOTELLADA?

A continuación, se indica la composición química de varias marcas de agua mineral natural que puedes encontrar habitualmente en un supermercado.



Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blasco López - mayo 2012

Página 31

Figura 6.74. Tarea 5 de la secuencia didáctica.

El profesor deja a los estudiantes algo de tiempo para que se familiaricen con las etiquetas de agua embotellada y con los análisis de las aguas del grifo y los lean con atención.

En relación con los informes del agua del grifo, y como era de esperar, los estudiantes preguntan sobre el significado de algunos de los parámetros incluidos en el análisis, como *LC* (límite de control) o *VP* (valor paramétrico). El profesor aclara su significado, y para evitar errores, les indica qué columna contiene los datos objeto de comparación.

«Algunos alumnos muestran sorpresa cuando ven la cantidad de “cosas” que lleva el agua del grifo. Les he dicho que esto debe entenderse como un ejemplo de transparencia porque la normativa no obliga al agua embotellada a publicar en sus etiquetas unos análisis tan detallados, aunque también contenga muchas de estas sustancias».

(Diario del profesor investigador)



La calidad del agua que bebes depende en gran medida de su composición química. Como puedes observar el agua embotellada y el agua corriente contienen cantidades variables de sustancias disueltas, en particular, diferentes tipos de sales minerales. Hay una serie de iones que se encuentran presentes en la mayoría de las aguas y que son los que confieren al agua, en mayor medida, su "calidad diferenciadora". Reciben por ello el nombre de **iones fundamentales**.

A.5.1. Vamos a comparar las cantidades de iones fundamentales presentes en estos tipos de agua. Completa la tabla y contesta a las cuestiones planteadas:

Iones fundamentales (mg/l)	Agua del grifo		Agua embotellada (agua mineral natural)			
	Agua de Sevilla	Agua de Granada	Lanzarote	Fuenteella	Bereja	Solán de Cabras
Sodio						
Calcio						
Magnesio						
Sulfatos						
Cloruros						
Bicarbonatos						

a) Observa con atención los datos, ¿qué conclusiones podríamos obtener?

MIS CONCLUSIONES	OTRAS CONCLUSIONES DEL GRUPO

b) El calcio es uno de los elementos considerados esenciales para la nutrición y bienestar humano. Una persona que sufra de cálculos renales debe controlar su ingesta diaria de calcio. Por eso, si toma muchos lácteos el médico le aconsejará que elija aguas bajas en calcio. Clasifica las anteriores aguas según sean más o menos adecuadas para esta persona.

¿Qué conclusión obtienes? Justifica tu respuesta.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanes López - mayo 2012

Página 37

Figura 6.76. Actividad A.5.1 (tarea 5).

El tiempo de clase prácticamente ha terminado por lo que el profesor anuncia que la puesta en común y la corrección de esta actividad se realizarán en la próxima sesión.

Finalizamos la descripción de la sesión de hoy con el siguiente extracto del registro del profesor:

«Para mí la clase de hoy ha sido un poco “rara”. Hemos avanzado bastante menos de lo previsto y hemos vuelto a acumular mayor retraso. No hay un motivo claro, las actividades no parecían difíciles pero han transcurrido “a cámara lenta” y al grupo le costaba entrar en la dinámica de clase, salvo en la actividad final donde se ha mostrado un poco más participativo. Estamos en época de exámenes y los estudiantes parecen cansados a esta primera hora.»

(Diario del profesor investigador)

6.2.8. SESIÓN 8*Contenido de la sesión*

Miércoles, 23 de mayo de 2012	10:15 h – 11:15 h	Aula del grupo 3º ESO A	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 8			
TAREA 5: ¿QUÉ DIFERENCIAS HAY ENTRE EL AGUA EMBOTELLADA Y EL AGUA DEL GRIFO? (continuación)			
Interrogante abordado: ¿Qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC(*)
Finalización de la actividad A.5.1 (iniciada en la sesión anterior 7).			
A.5.2. Lectura de dos textos que informan sobre la vigilancia y control sanitario del agua embotellada y el agua del grifo.	Trabajo Individual.	<ul style="list-style-type: none">– Conocer los diferentes controles sanitarios a los que se somete el agua de bebida, particularmente al agua del grifo.– Seleccionar información relevante de un texto y compararla.– Obtener conclusiones a partir de la información de un texto.	Utilización de pruebas Científicas. <ul style="list-style-type: none">– U1 Explicación científica de fenómenos. <ul style="list-style-type: none">– E3

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

La sesión de hoy debería haberse desarrollado el martes 22 de mayo pero tuvo que suspenderse a causa de una convocatoria de huelga de estudiantes. La última sesión tuvo lugar el jueves 17 de mayo, han transcurrido seis días.

En la sesión de hoy se comienza con el desarrollo de las actividades acerca del control sanitario a que se somete el agua de bebida; previamente, se finaliza la puesta en común y corrección de la actividad A.5.1.

Descripción de la sesión

Para comenzar el profesor recuerda a los estudiantes que se hallan con el desarrollo de la tarea 5, en concreto, analizando la composición de distintos tipos de aguas, y resume los aspectos más importantes trabajados sobre esto. Como se indicó anteriormente esta tarea pretende que los alumnos y alumnas comparen el agua del grifo y el agua de botella en cuanto a su composición y seguridad, en un intento de confrontar algunas de las razones por las que los estudiantes manifiestan consumir agua de consumo embotellada.

En la sesión anterior el grupo trabajó el primero de estos aspectos (actividad A.5.1): a partir de la información contenida en varias etiquetas de agua embotellada y análisis químicos de agua del grifo, los estudiantes debían obtener algunas conclusiones sobre la composición de estos tipos de aguas. El profesor recuerda al grupo el objetivo de la actividad y pide que se relea la cuestión planteada y se repase y compruebe las respuestas, tras lo cual se inicia la puesta en común y corrección de la actividad.

«Me gustaría ir más rápido pero creo que dedico a cada actividad el tiempo necesario. Estamos en un terreno desconocido y las actividades resultan más “extrañas” para el grupo. El grupo me sigue insistiendo si seremos capaces de terminar la secuencia para la fecha acordada».

(Diario del profesor observador)

En las primeras intervenciones de la puesta en común aparecen respuestas del tipo:

«Font... y Sol..., contienen mucho bicarbonato». (E17)

«El agua de Sevilla es la que tiene más sodio de todas y el agua de Granada tiene más sulfatos que las demás». (E23)

Un análisis posterior de los cuadernos revela que la mayoría de las repuestas de los estudiantes van en este sentido, y son en realidad afirmaciones simples que giran en torno a la comparación de las cantidades de las distintas sustancias presentes:

«Bez... tiene muy pocos bicarbonatos mientras que Lan..., Fon... y Sol... tienen mucho». (E05)

«Bez... no tiene sulfato y Lan... no tiene cloruros». (E09)

«La sustancia más abundante en todas es el bicarbonato pero Bez... no tiene mucho». (E10)

Volviendo a la sesión, el profesor pretende que las conclusiones que se obtengan no se limiten a un simple resumen de los datos que aparecen en los análisis y fuerza al grupo para que proponga razonamientos más elaborados y de carácter más general. El siguiente extracto de la grabación muestra el intento del profesor por crear esta situación:

Profesor: *Lo que me habéis dicho es correcto, pero ¿se podría sacar alguna conclusión más general?*

E16: *Maestro, yo he puesto que todas las aguas no tienen las mismas sustancias.*

Profesor: *Muy bien. Puede ser una primera conclusión.*

Profesor: *Por ejemplo, ¿tienen sodio la mayoría de las aguas?*

Grupo: *Sí.*

Profesor: *¿Tienen calcio la mayoría de las aguas? ¿Y magnesio?*

Grupo: *Sí.*

Profesor: *¿Y si alguien dice que esta agua embotellada es muy buena porque tiene calcio? Pero, ¿es que el agua de Sevilla no tiene?*

E15: *...todas las aguas son iguales.*

Profesor: *Bueno tampoco quiero decir que sean iguales.*

(Extracto de grabación de la sesión de clase)

El profesor intenta que los estudiantes obtengan alguna conclusión de estas ideas parciales pero no acaba de obtener el resultado deseado. En este punto, tiene la percepción de que el grupo no sabe “adónde tiene que llegar”, lo que también es esperable por la forma tan abierta en que el profesor plantea las preguntas.

El profesor espera que afloren ideas del tipo *la composición no parece tan diferente, en el agua del grifo también están presentes los iones fundamentales para una correcta salud*, etc., por lo que vuelve a insistir en el tema:

Profesor: *¿Os parece como conclusión lo que propone E16? Por favor, repítela.*

E16: *Que no todas las aguas tienen las mismas sustancias.*

Profesor: *Insisto por esta línea, ¿se podría sacar otra conclusión general?*

(No hay respuesta; ningún alumno interviene)

Profesor: *¿Son muy distintas las composiciones? ¿Hay mucha diferencia?*

Varios: *No.*

Profesor: *¿Todas las aguas contienen la mayoría de los iones?*

Grupo: *Sí.*

Profesor: *¿Ingiero minerales si bebo agua de Archidona?*

Varios: *Sí.*

Varios: *No (con risas)*

Profesor: *¿Sí o no?*

Unos pocos: *Sí, claro.*

Profesor: *¿Tiene minerales el agua del grifo? ¿Sí o no?*

Grupo: *Sí.*

E12: *¿Minerales?*

Profesor: *Si quiero ingerir algunos minerales en el agua, ¿sólo debo tomar agua embotellada?*

Varios: *No.*

E03: *Yo no entiendo lo que estás diciendo.*

Profesor: *Lo que digo es que no deberías beber un vaso de agua embotellada porque creas que sólo el agua de botella lleva minerales disueltos.*

[...]

Profesor: *¿Qué demuestran los análisis? ¿Sería esto cierto o falso?*

E03: *Falso.*

Profesor: *¿No ingiere también minerales el que bebe agua de Sevilla?*

Varios: *Sí.*

Profesor: *¿Esto podría ser una conclusión?*

Grupo: *Sí.*

E12: *¿Qué ponemos entonces?*

(Extracto de grabación de la sesión de clase)

En este punto del diálogo el grupo se haya algo disperso, y algunos estudiantes parecen “haber desconectado” de la línea de argumentación que maneja el profesor, y que así parece reflejarse en la pregunta que plantea E12 (véase el diálogo anterior).

La insistencia del profesor está justificada pues trata de confrontar algunas de las razones para el consumo de agua de bebida embotellada, y que aluden a la composición “exclusiva” del agua embotellada en nuestros estudios previos realizados (Rodríguez Mora y Blanco, 2008): *contiene minerales que te ayudan, no contiene cal, sus componentes están más equilibrados, nos aporta sales, etc.*

En esta misma línea se encuentra una de las afirmaciones consensuadas por el grupo en la tarea 1, que quedó recogida en el catálogo de ideas y creencias sobre el agua embotellada (actividad A.1.2), y que se recuerda seguidamente en la figura 6.77. Concretamente, se trata de la idea de que *el agua embotellada tiene más complementos (más sales minerales)*.

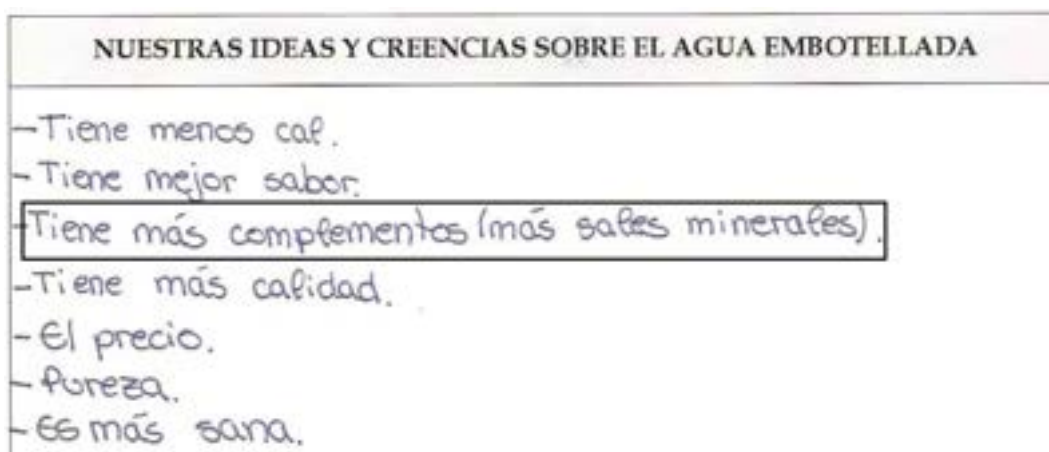


Figura 6.77. Catálogo de ideas y creencias acerca del agua embotellada (actividad A.1.2).

El profesor trata de mostrar que los iones fundamentales “distintivos” del agua mineral natural también están presentes en el agua corriente; trata de que aflore la idea de que, a pesar de nuestra negativa imagen sobre el agua del grifo, nutricionalmente no parece haber tanta diferencia entre estos tipos de agua, al menos en lo que a “iones nutrientes” se refiere, aunque el profesor tampoco desea que el grupo concluya que el agua del grifo “sea igual” al agua mineral natural embotellada.

«Sé que no se suelen trabajar actividades de este tipo en clase, pero tampoco parecía, a priori, tan complicada. Sólo he querido mostrarles que gran parte de las sales minerales “exclusivas” presentes en el agua de botella también lo están en el agua del grifo, según los análisis».

«Tengo la sensación de que salvo unos pocos que parecían seguir su desarrollo, el resto del grupo ha entendido poco lo que se ha hecho. Se han limitado a apuntar las conclusiones finales en el cuaderno».

(Diario del profesor observador)

Como se ha mencionado más arriba, una posible explicación para esta situación es la forma como está planteada la pregunta, que parece dispersar el trabajo del grupo. De hecho, en versiones previas esta misma actividad se presentaba de manera más guiada, pero el análisis de los cuadernos del estudio preliminar (curso 2010/2011) nos sugirió la posibilidad de plantearla de manera que fueran los estudiantes los que obtuvieran sus propias conclusiones.

«Me he tirado un buen rato “batallando” con el grupo a ver si aparecía alguna conclusión de las esperadas. Al final, la participación del grupo ha estado tan guiada que tengo la sensación de haber hecho la cuestión en “solitario”. Esperaba un mejor resultado con este apartado. Quizá lo que yo creía una conclusión lógica no resulta tan evidente para los estudiantes: que el agua del grifo lleva en su composición muchos de los iones que se asocian con la calidad del agua embotellada».

«En mi opinión habría que volver a plantearla de manera que sea más evidente la finalidad de la pregunta y la conclusión que creo debería aparecer aquí. Habría que considerar, además, el escaso “entrenamiento” en este tipo de actividades».

(Diario del profesor observador)

El profesor reconduce el trabajo pidiendo al grupo que anote en los cuadernos de trabajo las dos conclusiones que han salido en la puesta en común, y que repite en voz alta, recordando que no deben borrar nada de lo ya escrito. Se ilustra este apartado con el trabajo de E11 (figura 6.78).

A.5.1. Vamos a comparar las cantidades de iones fundamentales presentes en estos tipos de agua. Completa la tabla y contesta a las cuestiones planteadas:

Iones fundamentales (mg/L)	Agua del grifo		Agua embotellada (agua mineral natural)			
	Agua de Sevilla	Agua de Granada	Lanjarón	Fontvella	Bezoya	Solán de Cabras
Sodio	8,3	6,2	4,8	4,7	2,3	5,2
Calcio	26,5	52	22,2	8,3	1,6	58,3
Magnesio	8,7	21	8,8	24	0,3	25,1
Sulfatos	23,2	65	12,3	25		21,3
Cloruros	11,6	10		10	0,8	7,9
Bicarbonatos		180	105	315	6,2	295,8

a) Observa con atención los datos, ¿qué conclusiones podríamos obtener?

MIS CONCLUSIONES	OTRAS CONCLUSIONES DEL GRUPO
El agua bezoya tiene muy pocos iones fundamentales. El agua fontvella tiene muchos bicarbonatos, también tiene mucho calcio. El agua de Granada tiene muchos sulfatos.	Algunas de todas las aguas no tienen todas las sustancias. También se ingiere minerales bebiendo agua del grifo.

Figura 6.78. Trabajo de E11 en la actividad A.5.1, apartado a) (tarea 5).

Para continuar con la corrección, el profesor pide a E10 que lea el apartado b) de la actividad A.5.1. Se pretende que tras evaluar la información que se suministra los estudiantes clasifiquen los distintos tipos de agua presentados en función de su adecuación nutricional para una persona que debe controlar su ingesta diaria de calcio, tratando de obtener alguna conclusión al respecto. En opinión del profesor, este apartado debe resultar más sencillo que el anterior y así se constata en la afirmación de E12, que resume para el grupo el sentido de la actividad: *elegir qué aguas tienen menos calcio*.

Este segundo apartado concentra mejor la atención del grupo que se muestra más activo; de hecho el profesor observa que muchos de los estudiantes completan adecuadamente la cuestión. E10 se ofrece a corregir la actividad en la pizarra, y todo el grupo se muestra de acuerdo con la respuesta que ofrece (figura 6.79)

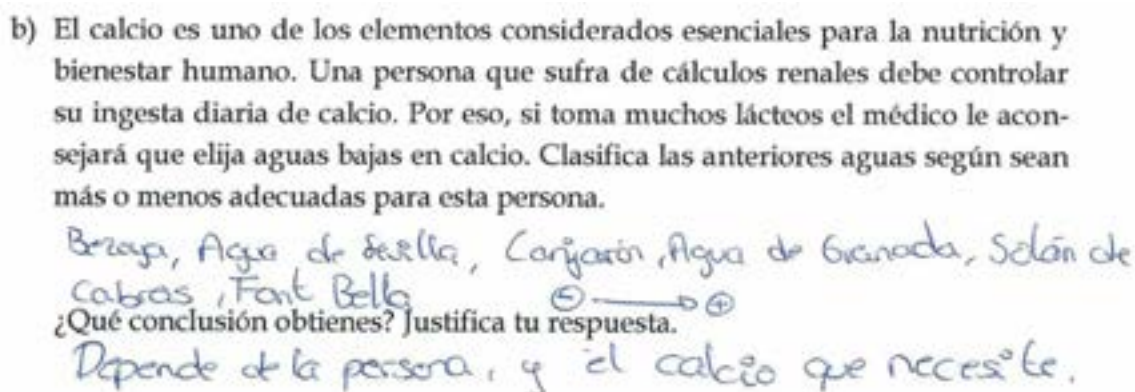


Figura 6.79. Respuesta de de E10 a la actividad A.5.1, apartado b) (tarea 5).

«Aquí les he vuelto a insistir en que no pretendo convencerlos de que el agua del grifo sea mejor que la embotellada, solo pretendo que sean más críticos con algunos mensajes presentes en la publicidad del agua embotellada».

(Diario del profesor observador)

En este punto el profesor trata de implicar al grupo en un nuevo diálogo en torno a este asunto. Ahora los estudiantes sí parecen comprender bien la finalidad de la pregunta planteada y algunos de ellos participan de una manera mucho más activa:

Profesor: *Si vivo en Sevilla y tengo que cuidarme de no ingerir mucho calcio, ¿qué pasa si compro Font... al ser agua mineral pienso que es mejor?*

E15: *Que es mejor el agua de Sevilla o Lanj...; hay que informarse.*

Profesor: *Pero el agua de Sevilla es del grifo, ¿no?*

[...]

Profesor: *Entonces, ¿siempre es mejor el agua embotellada?*

E18: *Muchas personas creen que es mejor para el problema que tienen y, a veces, es peor (...) porque Font... tiene mucho más calcio que el agua de Sevilla.*

Profesor: *De acuerdo. ¿Qué os parece la conclusión?*

El profesor pide que la anoten en el cuaderno y E18 la repite un par de veces

E12: *Pero depende del problema, ¿no?*

Profesor: *La de Bez... a lo mejor le vendría bien, pero ¿y la de Font...?*

Profesor: *Que es peor, no en general... Pero según la situación y la persona concreta puede no siempre ser mejor el agua de botella. ¿Qué os parece esta idea?*

E03: *La de Font... tiene más calcio y para esta persona concreta no es tan recomendable.*

(Extracto de grabación de la sesión de clase)

Seguidamente, se muestran algunas conclusiones literales extractadas de los cuadernos de trabajo.

«Que también hay minerales disueltos en el agua del grifo» (E07).

«Que las personas que beben agua embotellada pensando que es mejor que la del grifo y no es así» (E09).

«Depende de la persona, y el calcio que necesite» (E10).

«He notado que algunos estudiantes mostraban más interés cuando se ha dicho que el agua mineral natural Font... pudiera “ser peor” que el agua del grifo de Sevilla. He procurado insistir en que no esto puede afirmarse con carácter general sino que depende de la situación planteada».

(Diario del profesor observador)

El profesor pide a E01 que concluya la actividad con la lectura del párrafo de la página 38 del cuadernillo, donde se indica la constancia en la composición química de las aguas minerales naturales, como signo de distinción frente a la composición variable de muchas de las aguas del grifo de origen superficial. Esta circunstancia se traduce en que la ingesta de agua mineral natural permite conocer de forma exacta las cantidades que ingerimos, mientras que en el agua del grifo estos valores son más aproximados, si bien, la variabilidad tampoco suele ser excesiva, en términos generales.

Finalmente, E01 da lectura de la idea clave que cierra esta actividad (figura 6.80).

Idea clave: EL TEMA DE QUÉ AGUA ES MEJOR TOMAR NO DEPENDERÁ SI ES DEL GRIFO O EMBOTELLADA SINO DE SU COMPOSICIÓN QUÍMICA EN EL MOMENTO DE BEBERLA (y de lo que tú necesites)

Figura 6.80. Primera idea clave de la tarea 5.

La segunda parte de esta tarea (sobre la seguridad del agua que ingerimos) se inicia con la actividad A.5.2, en la que se proponen una serie de cuestiones basadas en un par de textos que informan acerca de los controles y vigilancia a la que están sometidos el agua de bebida, tanto embotellada como corriente del grifo (figuras 6.81 y 6.82).

El objetivo de esta nueva actividad es informar a los estudiantes de la periodicidad y análisis que la legislación al respecto establece para estos tipos de agua, con especial incidencia en el agua del grifo.

No obstante, es oportuno realizar una aclaración. Una de las características de las aguas minerales naturales es que mantienen su composición en minerales constante, siempre la misma. Pero en el agua del grifo los valores que aparecen en los análisis son valores medios ya que su composición puede variar más o menos debido a las condiciones climáticas, régimen de lluvias, etc., aunque estas desviaciones no suelen ser excesivas.

Misa clave: EL TEMA DE QUÉ AGUA ES MEJOR TOMAR NO DEPENDERÁ SI ES DEL GRIFO O EMBOTELLADA SINO DE SU COMPOSICIÓN QUÍMICA EN EL MOMENTO DE BEBERLA (y de lo que tú necesites)

Uno de los aspectos que más preocupan al consumir agua es de la seguridad. Un agua segura debe estar exenta de sustancias y microorganismos que sean perjudiciales para los consumidores, o dicho de otra manera, debe estar libre de cualquier tipo de contaminación química o biológica que entrañe riesgos para la salud.

Muchas personas perciben que el agua embotellada es más segura o que está más controlada que el agua del grifo pero, ¿es eso cierto? Vamos a tratar esta cuestión en la siguiente actividad.

¿QUÉ CONTROLES SE REALIZAN SOBRE EL AGUA QUE BEBES?

A.5.2. En los siguientes textos se informa sobre la vigilancia sanitaria del agua de bebida ya sea embotellada o del grifo. Tras su lectura contesta a las cuestiones.

Texto 1: Los controles del agua embotellada.

Según la normativa la empresa embotelladora es la responsable de controlar la calidad del agua que consume. A tal efecto, deberá realizar obligatorios controles periódicos para asegurar el correcto estado de los equipos e instalaciones, así como del estado microbiológico del agua. Estos controles se realizan en distintos puntos de muestreo: en el punto de almacenamiento, proceso de extracción, depósitos de almacenamiento y redes de conducción. Además, deberá controlar la calidad microbiológica de la materia prima utilizada en el proceso de embotellado.

La periodicidad de estos controles viene dada por la legislación:

1. Diario: al terminar cada jornada laboral se realiza un análisis de contaminación microbiológica, conductividad y pH.
2. Al menos trimestralmente: determinaciones microbiológicas y análisis de los componentes mayoritarios y característicos del agua.
3. Al menos cada cinco años análisis completo en los puntos de emergencia.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blázquez López - mayo 2012. Página 38

Figura 6.81. Cierre de la actividad A.5.1 (tarea 5).

En la línea apuntada más arriba se pretende, entre otras cosas, confrontar con la información necesaria la idea muy extendida entre la población (Ferrier, 2001), de que el agua del grifo “está sucia”, “es menos segura”, o está “menos controlada”. Estas ideas, aunque no están presentes en las respuestas del grupo a los ítems del cuestionario de ideas previas aplicado en la primera sesión, sí se han detectado en nuestros estudios preliminares llevados a cabo (véase el epígrafe 4.2, en capítulo IV).

Independientemente de estos autocontroles las autoridades sanitarias competentes realizan controles periódicos oficiales para asegurar el correcto estado sanitario del agua embotellada. En España existe una estricta normativa que regula la regulación y control del agua embotellada, que recoge las últimas recomendaciones y directrices que sobre este tema aconsejan la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Europea.

Texto 2: Los controles del agua del grifo.

La empresa gestora (la responsable de suministrar el agua al ciudadano) es la encargada de controlar la calidad del agua desde su captación hasta el punto de entrega al consumidor. Estos controles se realizan en distintos puntos de muestreo en la propia estación de tratamiento, en los depósitos de almacenamiento, en distintos puntos de la red general de distribución.

Según la normativa actual la empresa gestora debe realizar dos tipos de análisis. El "análisis normal" (análisis de control) para controlar la calidad organoléptica (olor, sabor, turbidez) y microbiológica del agua así como la efectividad del tratamiento de potabilización. Además, se realiza un análisis completo donde se analizan todos los parámetros que exige la ley y se verifica que el agua que se distribuye respeta los niveles máximos autorizados.

Además de los obligatorios análisis anteriores el ayuntamiento de la localidad realizará informes periódicos de la calidad del agua tomando muestras en el mismo grifo del consumidor; estos análisis deben demostrar que la calidad del agua no se ve alterada en su recorrido a través de las conducciones y almacenamiento.

La periodicidad de estos análisis depende del tamaño de la zona de abastecimiento (por ejemplo, del número de habitantes de la población) pero en cualquier caso la normativa nos indica el número mínimo de análisis que han de realizarse. Para que te hagas una idea, en la siguiente tabla se indica el número mínimo de análisis para una ciudad como Madrid.

Red de distribución de Madrid	Caudal: 1.500.000 m ³ por día
TIPO DE ANÁLISIS	FRECUENCIA MÍNIMA DE MUESTREO
Análisis de control	1501 análisis por año (4 análisis por día)
Análisis completo	35 análisis por año (3 análisis por mes)
Análisis en el grifo del consumidor	1331 análisis año (3 - 4 análisis diarios)

Fuente: Empresa Abastecimiento Comunal Madrid Canal II y Ayuntamiento de Madrid

El agua del grifo está vigilada por las autoridades sanitarias competentes que son las encargadas de realizar inspecciones periódicas. La normativa para la regulación del agua de consumo público es muy estricta y ha de seguir las directrices marcadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Europea. Desde la planta potabilizadora hasta que llega a nuestro grifo el agua es sometida a periódicos y obligatorios controles analíticos para comprobar su calidad y estado sanitario.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanco López - mayo 2012

Página 29

Figura 6.82. Actividad A.5.2 (tarea 5).

Continuando con la descripción de la sesión, E08 presenta al grupo la actividad A.5.2, que el profesor se encarga de comentar y matizar (figura 6.81). Hasta ahora todos los textos de la secuencia se han leído de forma cooperativa por distintos estudiantes (en voz alta y en gran grupo); esta vez, por la gran cantidad de información que contiene estos nuevos textos, el profesor pide que la lectura se realice de forma individual, y recuerda a los estudiantes que completen las preguntas finales tras la lectura.

La clase está muy avanzada y varios estudiantes parecen necesitar más tiempo para completar la actividad; así se llega al final de la sesión sin poder corregir las cuestiones planteadas. El profesor informa al grupo que se corregirán en la sesión de mañana, pero pide a los estudiantes que sigan trabajando en la actividad hasta que finalice la clase.

El profesor observa cómo se desarrolla la actividad y registra algunas quejas por parte de los estudiantes, que anota en su cuaderno de clase:

«Es la primera vez que he dedicado tanto tiempo de clase para realizar una actividad. La mayoría de los alumnos y alumnas han seguido mis indicaciones y se han tomado en serio la lectura, aunque algunos se han quejado de que los textos son muy largos (E12 me ha comentado que son aburridos); solo he registrado una pregunta acerca del contenido de los textos y es la de E03 acerca de lo que es el pH del agua».

(Diario del profesor observador)

En opinión del profesor, salvo el apartado a) de la actividad A.5.1 donde el grupo se dispersó algo en su trabajo, el resto de cuestiones y actividades se mostraron útiles al fin perseguido, no encontrándose incidencias dignas de interés. No obstante, habría que valorar “amenizar” los textos de la actividad A.5.2 que resultan algo densos, según han comentado algunos estudiantes.

Concluimos la descripción de la sesión de hoy con la siguiente aportación de E03 que el profesor recoge en su cuaderno de clase:

«Terminada la clase E03 me hace una sugerencia que me parece extraordinariamente lógica... De hecho la tomo literalmente como propuesta de mejora de la secuencia. E03 me comenta que sería útil conocer la importancia para el organismo de las distintas sales minerales del agua, a grandes rasgos qué aporta cada una. A partir de esta información sería más sencillo contextualizar o darle sentido a la actividad A.5.1».

(Diario del profesor observador)

6.2.9. SESIÓN 9

Contenido de la sesión

Jueves 24 de mayo de 2012	8:15 h – 9:15 h	Aula de Usos Múltiples	
CONTENIDOS DE LA SESIÓN NÚM. 9			
TAREA 5: ¿QUÉ DIFERENCIAS HAY ENTRE EL AGUA EMBOTELLADA Y EL AGUA DEL GRIFO? (continuación)			
Interrogante abordado: <i>¿Qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo?</i>			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC ^(*)
Finalización de la actividad A.5.2 (iniciada en la sesión 8).			
A.5.3. Consulta de la página web SINAC del Ministerio de Sanidad para obtener información sobre los controles periódicos del agua del grifo de distintas localidades.	Trabajo individual con apoyo TIC.	<ul style="list-style-type: none">– Verificar qué controles se realizan sobre el agua del grifo de la localidad.– Conocer la calidad del agua que se consume.– Valorar la importancia de los controles y la vigilancia sanitaria sobre el agua de bebida.– Interpretar datos.	Identificación de cuestiones científicas. <ul style="list-style-type: none">– I2

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

En la sesión de hoy se concluye la tarea 5, con el desarrollo de la última de las tres actividades previstas, la actividad A.5.3, acerca de la vigilancia sanitaria a la que se somete el agua de la red de abastecimiento público.

Descripción de la sesión

El profesor retoma la actividad A.5.2, que tal como se comentó en la anterior sesión, consta de una serie de cuestiones basadas en dos textos en los que se presenta distinta información acerca de los controles de seguridad a los que está sometida el agua de bebida, tanto del grifo como embotellada.

El profesor considera importante repasar la información más relevante por lo que decide plantear una serie de preguntas rápidas sobre los textos leídos, para que el grupo comience a centrarse en la actividad:

Profesor: *¿Os acordáis de lo que leímos ayer? ¿Se controla el agua embotellada?*
 ¿Cuántos tipos de análisis hay?

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

Posteriormente pide a E03 que relea en voz alta algunas frases del primer texto donde aparece esta información, con algunas matizaciones que realiza el profesor. El profesor repite el proceso y plantea ahora preguntas sobre el segundo texto:

Profesor: *¿Y el segundo texto de qué nos habla?*
¿Hay control sanitario en el agua del grifo?

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

Esta vez *E16* se encarga de buscar frases del texto para repasar las cuestiones planteadas.

Conforme a lo indicado en nuestros estudios preliminares (capítulo IV) en relación con la percepción negativa (y muchas veces infundada) de muchos ciudadanos sobre el escaso control al que se somete el agua corriente y que justifica, en parte, el aumento en el consumo global de agua de bebida envasada (Ferrier, 2001; Gleick, 2006; Wilk, 2006), el profesor decide insistir algo más en este aspecto y pide a *E05* que lea en voz alta el cuadro que recoge el número de análisis que se realizan de forma obligatoria, según la vigente normativa, sobre el agua del grifo de Madrid:

Profesor: *¿Qué os parece? ¿Os esperabais esto?*
 Varios: *No.*
 Profesor: *Fijaros que en Madrid se realiza una media de cuatro análisis de control diarios.*
 [...]

 Profesor: *Y en el agua embotellada, ¿cuántos se realizan diariamente?*
 E22: *Uno diario.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

«Una vez más les he insistido en que no se trata de decidir qué agua es mejor, ni en todas las poblaciones se hacen el mismo número de análisis. Pero sí pretendo trabajar la idea errónea, a partir de los datos presentados, de que el agua del grifo apenas está controlada o es poco segura frente a la embotellada. Algunos estudiantes parecen mostrar sorpresa sobre este aspecto».

(Diario del profesor observador)

Tras este breve repaso el profesor indica que se van a corregir las tres cuestiones relacionadas con los textos (figura 6.83); creemos que estas cuestiones demandan del estudiante que *comprenda la información y sepa resumirla* como capacidad vinculada con la competencia de *identificar cuestiones científicas*.

El docente pide a *E10* que lea en voz alta su respuesta al apartado a). En esta primera cuestión se plantea la necesidad e importancia de una correcta vigilancia sanitaria del agua destinada al consumo público, y se espera que el estudiante indique algunas razones que justifiquen esta preocupación.

a) El agua de bebida es, posiblemente, el alimento más controlado del mundo. En tu opinión, ¿por qué crees que es tan importante la vigilancia sanitaria del agua que se destina al consumo público?

b) Respecto a los controles a los que se someten el agua embotellada y el agua del grifo, ¿qué semejanzas y qué diferencias encuentras?

c) ¿Qué conclusiones obtienes? Justifica tu respuesta.

A.5.3. ¿Está vigilada el agua del grifo de tu localidad? Consulta el siguiente enlace: <http://sinac.rmcc.es/>.

a) ¿Qué tipos de controles se han realizado en el agua de tu localidad? ¿Quién realiza esos controles?

b) ¿Con qué frecuencia?

c) ¿En qué puntos se suelen tomar las muestras de agua? ¿Conoces esos lugares?

d) ¿Consideras que el agua de tu localidad está suficientemente vigilada?

Autores: Francisco Rodríguez Moro y Ángel Blanco López - mayo 2012. Página 40

Figura 6.83. Actividad A.5.2 (continuación) y actividad A.5.3 (tarea 5).

La respuesta de E10, *porque la consumen todas las personas*, es representativa de uno de los tipos de respuestas encontrados, aunque minoritariamente, en el análisis de los cuadernos de trabajo: la necesidad de beber agua y, en consecuencia, su necesaria vigilancia y regulación. Esta idea aparece también en respuestas como:

«El agua del grifo es más generalizada..., va para mucha más gente» (E09).

«Es la bebida más consumida e importante..., para ver si está en buen estado» (E13).

«Porque tenemos que beber mucha agua y tiene que estar sana» (E14).

Sin embargo, el tipo de respuesta más representativo alude de manera directa a la salud y la presencia de sustancias perjudiciales o contaminación del agua de bebida:

«Porque cualquier tipo de contaminación puede poner en riesgo la salud de las personas» (E01).

«Si no se vigila puede haber muchas infecciones, [...], afecta a nuestra salud» (E02).

«...supone un riesgo, ya que puede afectar a nuestra salud» (E06).

«Podría ser peligroso para nuestra salud» (E07).

Como ejemplo representativo de este segundo tipo mostramos la respuesta de E16 en la figura 6.84.

- a) El agua de bebida es, posiblemente, el alimento más controlado del mundo. En tu opinión, ¿por qué crees que es tan importante la vigilancia sanitaria del agua que se destina al consumo público?
- Porque puede tener sustancias o microorganismos que sean perjudiciales para las consumiciones.*

Figura 6.84. Respuesta de E16 a la actividad A.5.2 apartado a) (tarea 5).

Volviendo de nuevo al desarrollo de la sesión, el profesor entiende que la respuesta de E10 puede matizarse un poco más, por lo que aprovecha la situación para intercambiar otras opiniones con el grupo:

Profesor: *¿Qué pasa si el agua no estuviera correctamente vigilada?*

E03.: *Yo he puesto que de no ser así algunas sustancias perjudiciales podrían influir en la salud.*

Profesor: *¿Y qué pasa si ingerimos agua con algún tipo de sustancia perjudicial?*

Varios: *Es malo; nos ponemos malos.*

E22: *Puedes tener cólicos.*

Profesor: *De hecho muchas personas que mueren en países subdesarrollados, ¿sabéis por qué es?*

Grupo: *Por el agua.*

Profesor: *Por el agua, que está ¿qué?*

Grupo: *Contaminada.*

Profesor: *En los países desarrollados no tenemos ese problema porque el agua que nos llega por el grifo está muy controlada al igual que el agua de botella.*

Profesor: *No penséis que porque bebamos agua de la botella vamos a tener más seguridad. El agua de botella es muy segura, por supuesto que sí, pero que sepáis que el agua del grifo también está muy controlada, se le hacen muchos análisis.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

«El grupo parece responder bien a este tipo de diálogos. Tengo la sensación de que captan su interés. Muchos estudiantes participan de forma espontánea».

(Diario del profesor observador)

El profesor pide a E12 que lea en voz alta su respuesta a la segunda cuestión, en la que se deben buscar semejanzas y diferencias en cuanto a la vigilancia y controles a los que se someten el agua embotellada y el agua del grifo, respectivamente. La respuesta de E12 se muestra a continuación (figura 6.85).

b) Respecto a los controles a los que se someten el agua embotellada y el agua del grifo, ¿qué semejanzas y qué diferencias encuentras?

Semejanzas: Tienen controles periódicos. ✓

Diferencias: El agua del grifo está más controlada que el agua embotellada. !!

Figura 6.85. Respuesta de E12 a la actividad A.5.2 apartado b).

El profesor no se muestra del todo de acuerdo con la respuesta y así se lo indica al grupo; matiza que ambos tipos de aguas, embotellada y del grifo, están sometidos a estrictos controles de vigilancia sanitaria. Asimismo, recuerda que los datos presentados hacen referencia al agua corriente de Madrid, con un volumen de consumo muy alto, y que no en todas las ciudades la frecuencia de los análisis de control es tan elevada.

Como el profesor constatará más tarde en el análisis posterior al desarrollo de la sesión, los estudiantes quizá no entendieron el sentido de esta matización, ya que no aparece recogida en los cuadernos de trabajo. A este respecto, y en contraste con la primera cuestión, el análisis de los cuadernos revela que muchos de los estudiantes presentan las mismas respuestas, en muchos casos literales. Aunque en la sesión anterior el profesor pidió explícitamente que la actividad se desarrollara de forma individual, para que incluyera un amplio abanico de respuestas, más bien parece que el trabajo de unos pocos estudiantes ha sido “aprovechado” por el resto, si bien el profesor no ha podido valorar si se trata por la dificultad asociada a la actividad. Esta escasa variabilidad de respuestas se resume en los siguientes tipos agrupados por similitudes y diferencias (tabla 6.4).

SEMEJANZAS ENCONTRADAS	DIFERENCIAS ENCONTRADAS
Se someten a análisis completos periódicamente	El agua del grifo está más controlada
Son examinadas a diario	Mayor número análisis en el agua del grifo
Ambas son estrictamente controladas (autoridades)	

Tabla 6.4. Semejanzas y diferencias encontradas por los estudiantes en cuanto a la vigilancia sanitaria del agua embotellada y de grifo.

Volviendo al desarrollo de la sesión, el profesor pide a *E18* que responda a la última de las cuestiones planteadas, y en la que se trata de obtener algunas conclusiones en relación con la vigilancia del agua de bebida. Su respuesta se recoge en la figura 6.86.

c) ¿Qué conclusiones obtienes? Justifica tu respuesta.

Que ambas están controladas, y que podemos consumir tanto del grifo como embotellada que las dos están controladas.

Figura 6.86. Respuesta de *E18* a la actividad A.5.2 apartado c) (tarea 5).

El profesor opina que esta conclusión es adecuada con la información suministrada y así lo comunica al grupo, que se muestra de acuerdo. Otra conclusión diferente a la anterior pero igualmente adecuada, en opinión del profesor, es la que propone *E10* en su cuaderno de trabajo (figura 6.87).

c) ¿Qué conclusiones obtienes? Justifica tu respuesta.

Que es obligatorio el análisis diario del agua.

Figura 6.87. Respuesta de *E10* a la actividad A.5.2 apartado c) (tarea 5).

Durante el análisis de los cuadernos el profesor puede constatar que muy pocos estudiantes anotaron las conclusiones antes citadas, y que parecen las más adecuadas de acuerdo con la información suministrada. Por el contrario, se presenta una situación análoga a la descrita anteriormente, y el profesor vuelve a constatar que la mayor parte del alumnado presenta la misma respuesta o variantes poco significativas de la misma, en la idea de: *que el agua del grifo está más controlada que el agua embotellada*.

El profesor opina que esta conclusión es poco adecuada, pues no se dispone de la suficiente información para tal tipo de afirmación. En realidad el grupo se apoya únicamente en el conocimiento de la periodicidad de los análisis efectuados al agua de la red de abastecimiento de Madrid (como es de esperar con una frecuencia de muestreo muy alta por el tamaño de la zona de abastecimiento), sin disponer de datos similares para una empresa embotelladora. Como cierre de la actividad el profesor vuelve a presentar al grupo cómo la opinión negativa de muchas personas hacia el agua del grifo puede no estar debidamente fundada, al menos, no con carácter general:

Profesor: *No nos llevemos la idea de porque el agua del grifo tenga un peor sabor no está vigilada, porque está vigilada y muy vigilada. Obligan las autoridades sanitarias a un control periódico, exhaustivo y sistemático.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

«El grupo se ha ido hoy más convencido de que el agua del grifo sí que está fuertemente vigilada. He procurado insistir en esta idea de “control sanitario” del agua del grifo aunque en ningún momento he dicho que sea más segura o que sea mejor que la embotellada. Esto no sería adecuado».

(Diario del profesor observador)

En el posterior análisis de los cuadernos de trabajo el profesor constata que, efectivamente, algunos alumnos y alumnas (en realidad muy pocos) llegan a afirmar que el agua del grifo es más segura que la embotellada, porque está más vigilada, en la idea apuntada anteriormente, afirmación que con, carácter general, debe considerarse errónea, al menos en Europa, ya que la industria del agua embotellada cumple con los estándares de calidad previstos por las exigentes directivas comunitarias sobre el agua de bebida envasada (ANEABE, 2014). No obstante, en muchos estudios se revela cómo la situación legal que se aplica al agua embotellada en muchos países, con reglamentaciones algo “laxas”, permiten descubrir que el agua del grifo de estos países se encuentra más regulada y más estrictamente vigilada que el agua de bebida envasada (Gleick, 2006, 2010).

De acuerdo con lo apuntado, el profesor considera como una posible propuesta de mejora valorar la posibilidad de incluir alguna información más concreta sobre la periodicidad y número de análisis efectuados a alguna marca de agua embotellada al estilo de lo presentado con el agua del grifo de Madrid, aunque esta información, a priori, no es fácil de encontrar.

Se inicia la actividad A.5.3 (figura 6.83) que cierra esta tarea y en la que los estudiantes deben buscar información acerca del control de la calidad del agua de bebida pública de su localidad. Para realizar la actividad los estudiantes disponen de un ordenador portátil y conexión a la red para la consulta de la página web suministrada (figura 6.88), en la que en tiempo real accederán al Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo del Ministerio de Sanidad (SINAC). El SINAC es un sistema de información sanitaria, que en cumplimiento de la normativa vigente –artículo 29 de Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo público– (Ministerio de la Presidencia, 2003), recoge datos sobre las características de los abastecimientos y la calidad del agua de consumo humano que se suministra a la población española, información a la que puede acceder cualquier consumidor.

El objetivo de esta actividad es que el alumnado sea más consciente de los tipos de controles y frecuencia de muestreo a los que se somete el agua de consumo público, en concreto para sus localidades de procedencia, Archidona y Villanueva de Tapia, respectivamente. Vinculamos esta actividad con la capacidad de utilizar *estrategias de búsqueda de información científica de distintos tipos*, para el fomento de la competencia de *identificar cuestiones científicas*.

De esta manera se vuelve a insistir en la línea apuntada anteriormente: en la exploración de la opinión negativa o mala imagen que muestran muchos consumidores, en muchas ocasiones infundadamente, hacia la falta de vigilancia y control del agua del grifo.



Figura 6.88. El grupo consulta la web para responder a la actividad A.5.3 (tarea 5).

Como apoyo, el profesor utiliza un proyector digital para mostrar algunos ejemplos de cómo consultar y recorrer el sitio web recomendado. Seguidamente, deja tiempo suficiente para que el grupo busque la información que se le demanda y complete las cuestiones en el cuaderno; finalmente anuncia que esta actividad no se va a corregir en clase.

«A pesar de estar todo revisado hemos tenido problemas con la conexión inalámbrica que aunque se han solucionado nos han hecho perder mucho tiempo y han ralentizado el ritmo de la clase, con la consiguiente “desconexión” de muchos de los estudiantes. A pesar de todo me parece que ha quedado claro que el agua del grifo es un producto con una adecuada vigilancia sanitaria».

(Diario del profesor observador)

En las figuras 6.89 y 6.90 se muestran, respectivamente, “un pantallazo” tomado del equipo de E24 en su consulta a la web, así como las respuestas a las cuestiones citadas.

Zona Abastecimiento	ARCHIDONA
Red de Distribución	RSF-ARCHIDONA-RED ARCHIDONA
Gestor de la Red de Distribución	AGUALIA SUR
Fecha Toma	24/01/2012
Ubicación Punto de Muestreo	Ed. Ind. (junto a la RMD)
Tipo Análisis	Análisis de control
	APTA PARA EL CONSUMO

Figura 6.89. Pantallazo de E24 en su consulta al SINAC (tarea 5).

A.5.3. ¿Está vigilada el agua del grifo de tu localidad? Consulta el siguiente enlace: <http://sinac.msc.es/>.

- a) ¿Qué tipos de controles se han realizado en el agua de tu localidad? ¿Quién realiza esos controles?
Es un análisis de control
Aquella sur los realiza
- b) ¿Con qué frecuencia?
Entre dos o 4 veces por mes
- c) ¿En qué puntos se suelen tomar las muestras de agua? ¿Conoces esos lugares?
En las calles de Archidona. Si.
- d) ¿Consideras que el agua de tu localidad está suficientemente vigilada?
Si.

Figura 6.90. Respuesta de E24 a la actividad A.5.3 (tarea 5).

De la misma manera E23 realiza su actividad centrando su búsqueda en el control del agua del grifo de Villanueva de Tapia, como muestra la figura 6.91.

A.5.3. ¿Está vigilada el agua del grifo de tu localidad? Consulta el siguiente enlace: <http://sinac.msc.es/>.

- a) ¿Qué tipos de controles se han realizado en el agua de tu localidad? ¿Quién realiza esos controles?
La calidad del agua; Villanueva de Tapia.
- b) ¿Con qué frecuencia?
Su último análisis según lo que pone en esta página es el 5-12-2011.
- c) ¿En qué puntos se suelen tomar las muestras de agua? ¿Conoces esos lugares?
En el Ayuntamiento de Villanueva de Tapia.
Si.
- d) ¿Consideras que el agua de tu localidad está suficientemente vigilada?
Si, aunque no este actualizado.

Figura 6.91. Respuesta de E23 a la actividad A.5.3 (tarea 5).

El tiempo de trabajo ha terminado y el profesor da por finalizada la sesión de hoy. Como cierre se indican seguidamente algunas anotaciones del cuaderno de clase del profesor:

«El ambiente de clase ha sido estupendo y he visto al grupo muy motivado con estas últimas actividades; he sondeado su opinión y en general me han dicho que les está gustando esta forma de trabajar».

«Me gustaría haber comenzado la tarea 6 pero no sido posible; sigo apartándome de la programación inicial. En las últimas sesiones el ritmo de trabajo ha estado por debajo de lo esperado y creo que voy a necesitar dos horas lectivas más para poder concluir la secuencia. Vamos a ver cómo reaccionan».

(Diario del profesor observador)

6.2.10. SESIÓN 10

Contenido de la sesión

Jueves 24 de mayo de 2012	10:15 h – 11:15 h	Aula de Usos Múltiples	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 10			
TAREA 6: ¿POR QUÉ BEBEMOS AGUA EMBOTELLADA?			
Interrogante abordado: ¿Por qué bebemos agua embotellada?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC(*)
A.6.1. Visionado de un vídeo de una conocida marca de agua de bebida envasada y análisis científico del mensaje publicitario.	Visionado de un vídeo publicitario. Trabajo en gran grupo y puesta en común.	<ul style="list-style-type: none">– Analizar el contenido de un mensaje publicitario sobre el agua de bebida embotellada.– Evaluar algunas afirmaciones contenidas en el vídeo desde la perspectiva de la ciencia.– Valorar la importancia del conocimiento científico.	Utilización de pruebas científicas. – U3
A.6.2. El estudiante debe contestar a varias cuestiones relacionadas con el anuncio publicitario y tratar de justificar la validez científica de algunas afirmaciones.	Trabajo individual y puesta en común.	<ul style="list-style-type: none">– Fomentar la responsabilidad sobre sí mismo.– Desarrollar hábitos de consumo saludables.– Valorar la importancia del conocimiento científico.	----

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

Se comienza con el desarrollo de un nuevo interrogante de la secuencia, que se concreta en la *Tarea 6, ¿Por qué bebemos agua embotellada?*, la penúltima de las tareas programadas. El título alude de manera clara a su finalidad, y al estilo de la tarea anterior se opta, de nuevo, por trabajar y aprender sobre el contexto elegido. En este caso analizando una de sus dimensiones clave como es el análisis de las razones que fundamentan la decisión de consumir agua de bebida embotellada como alternativa al agua del grifo. En la tabla 6.5 se presenta un resumen de las principales razones para consumir agua de bebida embotellada como alternativa al agua del grifo, de acuerdo a la bibliografía consultada y a los resultados de nuestros estudios preliminares (capítulo IV), aunque el orden en que aparecen no es indicativo de mayor frecuencia o importancia.

DISTINTOS FACTORES RELACIONADOS CON EL CONSUMO DE AGUA EMBOTELLADA
Calidad (más calidad; es mejor).
Marketing (publicidad).
Aspectos organolépticos (información sensorial en forma de olor, sabor, apariencia, turbidez) (mejor sabor).
Salud (más sana).
Seguridad (más segura).
Comodidad (conveniencia) (más cómoda).
Factores demográficos (raza, edad, género, nivel económico, cultural, estatus social).

Tabla 6.5. Razones para consumir agua embotellada.

Muy posiblemente, los estudiantes se encuentran totalmente ajenos a estas consideraciones, o quizá nunca se hayan planteado este tipo de cuestiones, por lo que esta tarea busca hacer más conscientes a los estudiantes de estas razones para el consumo y de su posible fundamento científico, si lo tienen.

De esta manera, la tarea presentada queda dividida en dos partes. En la primera se trata de reflexionar con los estudiantes sobre las estrategias de marketing en relación a la “necesidad” de consumir agua de bebida envasada, a través del análisis del contenido de un vídeo publicitario (actividades A.6.1 y A.6.2). En la segunda (actividades A.6.3 a A.6.5) se aborda algunas de las razones que manifiestan los estudiantes para elegir el agua de bebida embotellada frente al agua pública de la red, como ya se puso de manifiesto en la actividades de introducción de la secuencia didáctica, y que recordamos seguidamente: (mal) sabor del agua del grifo, la preocupación sobre la “cal” en el agua del grifo y la relación entre el cuidado de la salud y el consumo de agua embotellada.

En la sesión de hoy se completa la primera parte de esta tarea.

Descripción de la sesión

El profesor comienza presentando la tarea núm. 6 y explica al grupo su finalidad. Para relacionar esta nueva tarea con aspectos ya trabajados de la secuencia, recuerda con los estudiantes el catálogo de ideas y creencias elaborado en la primera tarea y que recoge una serie de afirmaciones sobre el agua embotellada (véase actividad A.1.2).

En las respuestas de los estudiantes puede observarse cómo aparecen varios de los factores, que según recoge la tabla 6.5 citada anteriormente, influyen significativamente en la decisión de consumir agua de bebida embotellada, y que se muestran recuadrados en la figura 6.92.

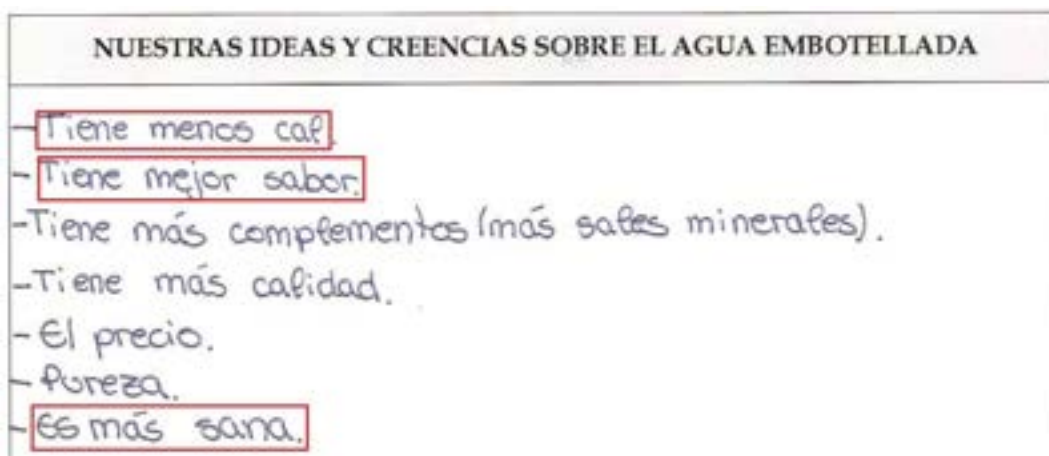


Figura 6.92. Actividad A.1.2 con indicación de factores que eligen los estudiantes para el consumo de agua embotellada.

El profesor pide al grupo que preste especial atención a estos tres factores, ya que se han seleccionado explícitamente para un análisis más detallado utilizando para ello la información que suministra la web. El profesor comenta que el “factor marketing”, aun-

que no aparece mencionado en el catálogo, se considera un factor relevante por lo que también se va a incorporar a este análisis.

La primera actividad de esta tarea, actividad A.6.1, se basa en el visionado de un vídeo publicitario de una conocida marca de agua de bebida embotellada para que los estudiantes traten de identificar el mensaje del anuncio (figura 6.93) (disponible en http://www.youtube.com/watch?v=TomvS-2E_Bw).

TAREA 6. ¿POR QUÉ HEBEMOS AGUA EMBOTELLADA?

EL AGUA EMBOTELLADA Y LA PUBLICIDAD

A.6.1. A continuación, vas a ver un vídeo de un anuncio publicitario sobre una conocida marca de agua embotellada. Para ti, ¿cuál es el mensaje del vídeo?

MI OPINIÓN	OTRAS OPINIONES DE LA CLASE

A.6.2. Fijémonos de nuevo en el vídeo publicitario:

a) ¿De qué trata de convencerte el anuncio publicitario?

b) ¿Qué recursos utiliza el anuncio para tratar de convencerte? Por ejemplo, qué se dice, qué se ve, etc.

c) La siguiente frase aparece en el anuncio: “Pepé sigue igual que siempre, ¿verdad por el agua?”. En tu opinión, ¿se aporta en el vídeo alguna razón justificada de por qué es mejor beber este tipo de agua embotellada? Justifica tu respuesta.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanco López – mayo 2012
Página 62

Figura 6.93. Actividades A.6.1 y A.6.2 (tarea 6).

Esta actividad persigue una doble finalidad, de motivación y fomento de la reflexión y análisis crítico acerca de ciertas campañas publicitarias utilizadas por las empresas del agua de bebida envasada. En primer lugar se utiliza el vídeo publicitario como elemento motivador por su innegable capacidad para atraer y captar la atención del grupo, ambos aspectos relevantes para una mayor eficacia en el proceso educativo. Se trata de lo que algunos autores vienen denominando “aprender con la publicidad” (Arconada, 2006).

Esta función motivadora del vídeo se destaca en su lenguaje ágil, con frases cortas y sencillas, el escenario donde se desarrolla –las calles de un pequeño pueblo con imponentes escenarios naturales–, y la simpatía de los personajes –abuelo y nieto– participantes, y que en opinión del profesor cumplen a la perfección en su tarea captar la atención del alumnado sobre el tema propuesto.

En segundo lugar, se pretende que el estudiante asuma una postura crítica acerca del contenido del mensaje publicitario. Se trata de “aprender sobre la publicidad”, de su papel, y poniendo de manifiesto los recursos publicitarios utilizados, sus usos e intencionalidad para así poder distanciarse de su influencia (Fontcuberta, 2009). Pero más importante aún, es la necesidad de formar consumidores que no sean meros receptores pasivos del contenido de los anuncios publicitarios, sino que contrasten, evalúen, critiquen y extraigan sus propios juicios y conclusiones, en otras palabras, sean usuarios competentes en este campo (Rodríguez Mora, Blanco y Rueda, 2011).

En el análisis que sobre el contenido del vídeo efectúa el profesor se encuentran tres ideas básicas, que se muestran seguidamente:

- a) “Valor añadido” que el anuncio publicitario le otorga al agua que se embotella para aumentar su valor comercial (“agua pura de las cumbres”).
- b) Continuas referencias a un estilo de vida saludable (el abuelo deportista y gente paseando en bicicleta) donde está presente el consumo de agua embotellada (el niño jugando al fútbol con una botella de agua en la mano...).
- c) La “promesa” que relaciona una mejor salud o mayor esperanza de vida con el consumo de este tipo de agua embotellada.

Para acotar el desarrollo de esta actividad, el profesor decide que únicamente la última de estas opiniones se trabajará de forma intencionada con el grupo, llamando especialmente su atención sobre la existencia –o no–, de razones o pruebas científicas que le puedan dar validez. Desde esta perspectiva creemos que esta actividad muestra cómo la utilización de los conocimientos científicos puede ayudar a la toma de decisiones fundamentadas, en particular, en aquellas controversias con implicaciones sociales, como podrían ser las que giran en torno al consumo de agua de bebida embotellada, según se apuntó en el análisis que sobre ese contexto se realizó en nuestros estudios preliminares, y que se ha presentado en el capítulo IV (epígrafe 4.1).

Retomando la descripción de la sesión, el profesor presenta la actividad A.6.1, tras lo cual se procede con un primer visionado del vídeo. Pide a los alumnos y alumnas que traten de captar la mayor cantidad de información pero que no manifiesten o intercambien opiniones sobre lo visualizado. Este vídeo –que data del año 2006– tiene una duración aproximada de 35 segundos.



Tras el visionado el profesor pregunta si alguien ha prestado atención a la portada de la revista (*El Semanal*) que está leyendo “el abuelo” justo al finalizar el vídeo. Al no obtener respuesta, el profesor vuelve a poner la imagen en pantalla y lee en voz alta el titular: *Lanjarón es el pueblo donde se vive más*.

«Naturalmente en ningún momento se dice de manera explícita, que “si consumes agua Lan... vivirás más o estarás más sano”, pero mis intervenciones van en la línea de mostrar cómo de manera ingeniosa tratan de crear la asociación entre estas ideas».

(Diario del profesor observador)



Tras visualizar el vídeo por segunda vez el profesor les pregunta si se han percatado de que esta misma frase también la pronuncia “el nieto” mientras juega al balón en los primeros instantes del vídeo —el niño porta una botella de agua de esta marca en la mano derecha y a su lado varios ancianos pasean en bicicleta—.

- Profesor: *¿Habéis escuchado la afirmación del niño?*
 [...]

 Profesor: *Creo que sostiene: «el pueblo donde dicen que vivimos más».*
 E09: *Sí, es verdad maestro.*
 Varios: *Yo no me lo creo.*
 Profesor: *¿Qué hace el niño mientras juega con el balón? ¿Bebe agua?*
 Profesor: *¿Con qué se conecta el consumo de agua de botella?*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

«Quizá la actividad haya estado muy dirigida, pero no quiero que me pase como en otras actividades anteriores. No quiero que el grupo comience a divagar con el contenido del vídeo. El fundamento de esta actividad es que se den cuenta de que la estrategia publicitaria parece insinuar que la mayor longevidad de los habitantes de un pueblo pueda ser debida al agua que beben, la misma que nosotros podemos comprar».

(Diario del profesor observador)

A petición del grupo, que se muestra divertido, el contenido del vídeo se visualiza una tercera vez. Esta vez el profesor pide a los estudiantes que presten especial atención a la pregunta que plantea el narrador en la escena final –que parece insinuar una posible conexión entre “la buena salud del abuelo” con el consumo de este tipo de agua embotellada–, y a la que cierra el anuncio; ambas frase se indican seguidamente de forma literal:

«Pepe sigue igual que siempre, ¿será por el agua?»

«Lan..., agua pura de la cumbres de S...N..., montañas de vida»

(Extracto literal del contenido del vídeo publicitario)

El profesor plantea al grupo la cuestión que acompaña a la actividad de visionado: *Para ti, ¿cuál es el mensaje del vídeo?* y deja unos minutos para que los estudiantes completen la pregunta. Les recuerda que anoten sus respuestas en la columna izquierda de la tabla (página 42 del cuadernillo, figura 6.94) y dejen la columna de la derecha para completar con otras respuestas del grupo que consideren relevantes, y les insiste en que no borren nada de lo escrito. El grupo trabaja de manera disciplinada y se muestra colaborador, aunque la mayoría de los estudiantes invierte poco tiempo en completar la actividad.

Transcurridos unos minutos el profesor elige a algunos estudiantes para que expongan al resto sus respuestas; seguidamente se muestran algunas de estas respuestas que resumen adecuadamente las opiniones que sobre el anuncio maneja el grupo:

«Intenta convencerte de que el agua embotellada L... es la mejor y que si la bebes vives más» (E08).

«Quiere transmitir que si bebes agua L... tu vida es mucho más sana» (E10).

«Que el agua L... es muy buena y da más vida que otras aguas, es bueno para la salud» (E22).

«Que compremos agua L... que te da más vida y salud» (E24).

Como era de esperar la mayoría de las respuestas siguen una tendencia parecida por lo que el profesor decide acortar la duración de la actividad suprimiendo la puesta en común prevista, y opta por no forzar a los estudiantes a extraer una conclusión común, pero sí les insiste en que completen la columna derecha de la tabla con otras repuestas que consideren relevantes.

En el análisis posterior de las respuestas el profesor constata que la mayoría de los estudiantes relacionan el mensaje del vídeo con aspectos relacionados con “vivir más” o “una mejor salud”, mientras que tres de los estudiantes centran sus respuestas en aspectos estrictamente publicitarios o comerciales, apuntando la idea de *que compres esta marca de agua*. Como ejemplo de este último tipo se transcribe la respuesta siguiente, que muestra de forma clara los fines publicitarios del anuncio:

«En mi opinión el mensaje del vídeo es la persuasión y la convicción de algo que no es cierto, solo para que compres esa agua» (E09).

Esta comparativa permite al profesor realizar una sencilla categorización de las respuestas encontradas. Seguidamente, se indican las ideas más representativas expresadas de forma literal, tal como se han encontrado en el análisis de las respuestas (tabla 6.6).

LONGEVIDAD	SALUD	MARKETING
<ul style="list-style-type: none"> Hace vivir más tiempo al que la consume. Vida más larga (viviremos más). Vida mejor. 	<ul style="list-style-type: none"> Es mejor para la salud. Es muy buena para la salud. Vida (mucho) más sana. 	<ul style="list-style-type: none"> Es la mejor agua. Que compremos agua L. Persuasión.

Tabla 6.6. Categorías detectadas en las respuestas de los estudiantes a la actividad A.6.1 (tarea 6).

Volviendo a la sesión de hoy, y para concluir la descripción de esta actividad, se reproduce en la figura 6.94 la respuesta de E03 que muestra, en opinión del profesor, una buena síntesis del mensaje publicitario.

MI OPINIÓN	OTRAS OPINIONES DE LA CLASE
<p>hacer publicidad sobre el agua [redacted], dando razones para convencer, p.ej. ejemplo: tu vida es más saludable y mejor si bebes agua [redacted]</p>	<p>tendrán más longevidad</p>

Figura 6.94. Respuesta de E03 a la actividad A.6.1 (tarea 6).

El profesor presenta la actividad A.6.2 (figura 6.93), estructurada en tres cuestiones que inciden en algunos aspectos del vídeo publicitario, y por lo tanto, se puede considerar una actividad que complementa a la anterior. El objetivo de esta actividad es que los estudiantes sean más conscientes de los usos y recursos de la publicidad y por tanto de su capacidad de influencia en el consumidor; además, pretende que el estudiante reflexione sobre la veracidad de algunas frases del vídeo llamando su atención sobre la existencia de pruebas o razones científicas que le den validez.

En la línea argumentada anteriormente, se pretende que el estudiante adopte una postura más crítica acerca de ciertos mensajes publicitarios, a la vez que se reivindica la utilidad y la importancia del conocimiento científico para fundamentar o rechazar estos contenidos y, por tanto, ayudarnos a la toma de decisiones más responsables. Desde esta perspectiva creemos que esta actividad se encuentra en la línea de ayudar a que el estudiante

trabaje distintas *actitudes científicas y hacia la ciencia*, como la de cuestionar las ideas preconcebidas o los prejuicios, o la de considerar distintas perspectivas sobre un tema.

E16 lee en voz alta la primera cuestión que el profesor repite y enfatiza. Esta cuestión busca hacer al grupo más consciente de cuál es la finalidad del anuncio publicitario visionado en la anterior actividad. El grupo la completa de manera rápida y algunos comentarios de los estudiantes ponen de manifiesto que la cuestión se entiende correctamente. El profesor pide a *E21* que lea su respuesta en voz alta y con la que el grupo se muestra de acuerdo (figura 6.95).

A.6.2. Fijémonos de nuevo en el vídeo publicitario:

a) ¿De qué trata de convencerte el anuncio publicitario?

- De que beber agua embotellada
es la mejor y compremos agua.

Figura 6.95. Respuesta de E21 a la actividad A.6.2, apartado a) (tarea 6).

En el análisis de los cuadernillos se constata que prácticamente la totalidad de los estudiantes asume que uno de los objetivos básicos de la publicidad es persuadir para tratar de aumentar la demanda de producto (esto es, *vender*), y así se refleja en sus respuestas donde la idea de “que compremos agua L...” aparece a menudo:

«De que compremos ese agua». (*E01*)

«De beber agua embotellada L..., de que compremos agua» (*E07*).

«De que compremos L... para beber y que es más sana» (*E12*).

Seguidamente, *E23* lee y presenta la segunda cuestión, en la que se plantea al alumnado que indique cuáles son, en su opinión, los recursos más evidentes que utiliza el anuncio publicitario para “convencer” al consumidor. No se observa incidencias de interés en esta cuestión, que también se completa de manera rápida y sin apenas intervenciones por parte del docente. A petición del profesor *E04* lee en voz alta su respuesta, que se recoge en la figura 6.96.

b) ¿Qué recursos utiliza el anuncio para tratar de convencerte? Por ejemplo, qué se dice, qué se ve, etc.

Se dice que si la bebes la vives más, y que es agua pura.

Se ve a un abuelo y a su nieto jugando al fútbol, que se supone que el agua le da más vitalidad.

Figura 6.96. Respuesta de E04 a la actividad A.6.2, apartado b) (tarea 6).

En el análisis de los cuadernos no se encuentra una línea de respuesta tan evidente como en el caso anterior; así, los estudiantes eligen como “recursos para convencer” imágenes en las que aparecen los personajes participantes o bien, aluden al escenario donde se desarrolla el anuncio, a la práctica de deporte (fútbol) o se centran en distintas afirmaciones del video, como se muestra con algunos ejemplos:

«Se dice que en este pueblo se vive más» (E01).

«Se ve un periódico en el que ponen que el agua L... es buena» (E05).

«Se ve a un abuelo y a su nieto hablando y jugando al fútbol» (E08).

«... se dice que en ese pueblo se vive más» (E10).

«Se ve un niño jugando al fútbol y bebiendo agua L... y el abuelo también» (E11).

«Se utiliza al pueblo de L... y al mejor portero de L...» (E13).

«Se dice que la gente que bebe L... va a vivir mucho más tiempo» (E26).

«... cuenta la historia del abuelo del niño» (E24).

Para concluir este apartado se muestra en la figura 6.97 el trabajo de E06, que en opinión del profesor, ofrece una buena síntesis de estos recursos publicitarios.

b) ¿Qué recursos utiliza el anuncio para tratar de convencerte? Por ejemplo, qué se dice, qué se ve, etc.

Se ve a un abuelo y a su nieto hablando del pasado futbolista de abuelo y de lo fuerte que seguía por haber bebido agua L... y se ve como conciencia al niño para que beba de ese agua, ya que según dice si la bebes vivas más y que es más sana.

Figura 6.97. Respuesta de E06 a la actividad A.6.2, apartado b) (tarea 6).

El profesor pide a E14 que presente la última cuestión de la actividad, que se centra en una de las dimensiones clave que integra la competencia científica, como es la de *argumentar a favor o en contra de una idea y el uso de pruebas*. En particular, se pretende que el estudiante movilice sus conocimientos para tratar de justificar una frase del vídeo publicitario, y sobre la cual el profesor ya llamó la atención en la actividad anterior.



En el cuaderno de trabajo esta frase (figura 6.94) se presenta a los estudiantes literalmente, tal como la pronuncia el narrador en los momentos finales del vídeo, mientras la escena muestra a los personajes principales –abuelo y nieto– con sendas botellas de agua mineral de la marca anunciada.

A diferencia de las dos cuestiones anteriores cuyo desarrollo no parece presentar ninguna dificultad, en esta última cuestión buena parte del grupo parece “algo perdido”, situación que obliga al profesor a intervenir en distintas ocasiones para intentar aclarar la pregunta planteada. Curiosamente se observa, que algunos estudiantes parecen ahora más implicados que en las cuestiones anteriores.

El profesor propone que el vídeo se visualice una vez más y trata de aportar algunas sugerencias que puedan servir para completar la actividad:

Profesor: *¿Se aporta alguna razón?*
 ¿Tiene una base científica lo que se insinúa en el vídeo?
 ¿Se dice algo en el vídeo para afirmar que esa agua es mejor?
 ¿Aportan alguna prueba de que bebiendo esa agua se pueda vivir más?

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

A pesar de estas intervenciones el profesor observa que muchos estudiantes siguen sin “saber lo que deben hacer”, aunque advierte que otros sí están respondiendo, e incluso registra un breve conato de debate entre varios de ellos acerca de la respuesta adecuada, por lo que decide no intervenir por ahora y dejar que transcurra algo de tiempo.

«No acabo de situar cuál es el problema. Algunos de ellos me miraban y se quejaban de no “saber lo que poner”. Les he dicho que expliquen si creen que hay alguna base científica para poder insinuar la relación entre estar más sano y beber agua embotellada de la marca X. Es una cuestión interesante porque para mí la respuesta estaba clara pero a lo mejor encuentran alguna».

(Diario del profesor observador)

Pasados unos minutos, en los que varios estudiantes parecían haber “desconectado”, el profesor decide volver a intervenir pero cambia la gestión de la actividad. De esta manera le pregunta a E21 su opinión sobre el mensaje publicitario de la actividad anterior, lo que permite que se cree un breve diálogo entre algunos estudiantes, dinamizando la participación del grupo:

Profesor: *¿Tú te lo crees E21? ¿Tú crees que si bebes agua L... vas a vivir más?*
 E21: *Pues sí.*
 Varios: *Maestro, eso es lo que dice.*
 E01: *Yo creo que no.*
 [...]
 Profesor: *¿Creéis que toda la gente del pueblo bebe agua de esta marca?*
 Varios: *No.*
 Profesor: *Los que no beben agua L... pero viven en el pueblo, ¿qué pasa,*

- viven menos?*
 E01: *Se mueren antes (de forma irónica).*
 Profesor: *¿Creéis que hay base científica para eso?*
 Varios: *No.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

El diálogo permite que los estudiantes se vuelvan a centrar en la actividad. El profesor observa que aunque muchos de ellos no participan directamente, sí parecen seguir de manera atenta las distintas intervenciones. El profesor vuelve a insistir en esta línea de argumentación y trata de llamar la atención sobre la finalidad última de esta actividad:

- Profesor: *Entonces, ¿qué es lo que pretende el anuncio?*
 E17: *Pues vender agua.*
 Profesor: *E03, ¿tú comprarías agua embotellada por la promesa de que vas a vivir más?*
 E03: *No.*
 Profesor: *Si tu madre te dice que compres agua de la marca L... porque así vas a vivir hasta los 90 años, ¿te convencería eso?*
 Grupo: *No.*
 E01: *Tú vas a vivir lo que vivas no por el agua.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

«Curiosamente algunos estudiantes parecían tenerlo claro pero el resto... No estoy muy convencido. No esperaba que esta pregunta les planteara tanto “esfuerzo”, aunque sigo sin saber por qué no se acababa de entender».

(Diario del profesor observador)

El profesor decide no insistir más y pide a E09 que lea al grupo su respuesta, que puede considerarse adecuada desde la perspectiva con la que se plantea esta cuestión, y con la que buena parte del grupo se muestra de acuerdo (figura 6.98).

- c) La siguiente frase aparece en el anuncio: “Pepe sigue igual que siempre, ¿será por el agua?”. En tu opinión, ¿se aporta en el vídeo alguna razón justificada de por qué es mejor beber este tipo de agua embotellada? Justifica tu respuesta.
- En mi opinión no hay ningún tipo de justificación
 Te da un motivo que es que Pepe fue un gran
 Portero y sigue igual que siempre pero eso no
 es justificable a que es porque bebe ese agua.*

Figura 6.98. Respuesta de E09 a la actividad A.6.2, apartado c) (tarea 6).

El profesor cierra la actividad llamando al grupo a que sea crítico con los mensajes publicitarios que se reciben, a que no acepten la información de manera pasiva sin cuestionar la posible veracidad de lo que se afirma, y la importancia que a tal fin toma el conocimiento de la ciencia.

El mensaje del vídeo publicitario, actividad A.6.1, sugiere una mejor salud del consumidor que ingiere este tipo de agua mineral, conexión que el grupo debe asumir (o así lo cree el profesor) como un simple recurso publicitario para vender “más agua”, pues no parece que haya un fundamento real que justifique tal relación. Desde esta posición, el profesor opina que la respuesta evidente y lógica a la cuestión que la actividad plantea, *¿Será por el agua?*, es que *No*, que tal relación de causa-efecto no es científicamente justificable, y supone que la mayoría del grupo asume en principio este argumento.

Sin embargo, el análisis de los cuadernos revela que las respuestas de un elevado porcentaje de estudiantes no son las inicialmente esperadas. Encuentra que buena parte del grupo (15 estudiantes) opina que *Sí*, es decir, estos estudiantes opinan que sí hay razones para pensar que “la buena salud del anciano se debe al agua que bebe”. Ante esta extrañeza, pues el profesor esperaba un *No* mayoritario, decide profundizar en las respuestas de estos estudiantes para constatar que, efectivamente, en ninguna de ellas se aporta alguna de tales posibles razones o algún tipo de argumentación a favor. En realidad, en sus respuestas los estudiantes se limitan a presentar, de forma reiterativa, distintas alusiones a los “efectos saludables” por consumir este tipo de agua, sin cuestionar la veracidad de estas afirmaciones, que curiosamente es lo contrario que se demanda del estudiante, esto es, buscar razones que justifiquen por qué este tipo de agua es mejor.

Como posible explicación el profesor maneja que, a pesar de las intervenciones en clase y de las sugerencias lanzadas, estos estudiantes no terminaron de entender el propósito de esta actividad. Los siguientes ejemplos muestran este desfase entre lo que se esperaba y lo que opinaron los estudiantes:

«Que al beber el agua L... se supone que te da más vitalidad porque el abuelo está jugando al fútbol y a esa edad» (E04).

«Sí porque te conserva mejor» (E07).

«Sí, porque con sus años sigue siendo igual que hace unos cuantos años» (E11).

«Sí, porque el vídeo da a entender que seguirás igual de energético y saludable toda tu vida» (E17).

«Sí, porque gracias a que Pepe ha bebido siempre agua L... sigue igual que siempre» (E19).

«Sí, el vídeo da a entender eso, que al beber agua embotellada L... tu vida será más larga» (E18).

«Sí, porque tu vida dura más si bebes L... » (E23).

Respecto al grupo de estudiantes que opinan que *No*, esto es, que no existen razones que justifiquen la frase citada, dos de ellos no aportan ningún motivo; El resto de respuestas sí incluye intentos por explicar o justificar su elección, como puede observarse en los siguientes ejemplos:

«No porque no da razones, sólo muestra algunas hipótesis que pueden ser debido al agua» (E03).

«Yo pienso que no, porque aunque bebas de esta agua no durarás más, porque no está comprobado químicamente» (E05).

«Que al beber agua L... se supone que tiene más vitalidad e intenta convencer a la gente para que la compre (...) que tampoco sabemos si es por el agua o si es simplemente real» (E06).

«No se dice por qué es buena el agua» (E15).

«Yo creo que no porque químicamente no se ha comprobado nada» (E16).

«En mi opinión no (...) también dependerá de los alimentos no sólo el agua» (E26).

Cuando finaliza esta segunda actividad la clase está muy avanzada, el grupo se haya algo disperso y comienza a mostrar signos de cansancio. A pesar de todo, el profesor demanda la colaboración del grupo e invierte los minutos finales para presentar y comentar los principales aspectos de la segunda parte de la tarea 6, en la que se analiza las tres posibles razones para consumir agua embotellada ya comentadas al inicio de la sesión (figura 6.93), tras lo cual da la clase por finalizada.

En opinión del profesor la actividad A.6.1 se ha mostrado adecuada. Sin embargo, de las tres cuestiones que integran la actividad A.6.2, las dos primeras transcurrieron conforme a lo previsto, mientras que los resultados obtenidos en la última de ellas no fueron los esperados. De hecho, la idea básica que el profesor no dejó de transmitir al grupo –actitud crítica ante el contenido de los mensajes publicitarios– no parece haber sido asumida por buena parte del grupo, según revela el análisis de las respuestas.

El profesor desconoce la causa pues esta cuestión, aparentemente, parece estar planteada de forma sencilla para el estudiante. Por ello, sería interesante como posible propuesta de mejora reflexionar sobre la pertinencia de cambiar la presentación y gestión en clase de esta actividad, ya que su implementación en la secuencia didáctica sí parece fuera de toda discusión por estar relacionada, de forma clara y directa, con el fomento de la competencia científica, en este caso con la argumentación y el uso de pruebas científicas.

6.2.11. SESIÓN 11

Contenido de la sesión

Miércoles, 30 de mayo de 2012	12:45 h – 13:45 h	Aula de Usos Múltiples	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 11			
TAREA 6: ¿POR QUÉ BEBEMOS AGUA EMBOTELLADA? (continuación)			
Interrogante abordado: ¿Por qué bebemos agua embotellada?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC ^(*)
A.6.3 – A.6.5. Consulta guiada de la web para buscar información y contestar justificadamente a una serie de afirmaciones relacionadas con el sabor y dureza del agua del grifo y los efectos sobre la salud del consumo de agua de bebida embotellada. Elaboración de un informe.	Trabajo en pequeño grupo con apoyo TIC. Exposición por alumnos.	<ul style="list-style-type: none">– Conocer los factores que influyen en el sabor del agua de bebida.– Explicar qué es la dureza del agua y los factores de los que depende.– Conocer posibles efectos del agua embotellada sobre la salud y su fundamento científico.– Reconocer cuestiones científicas.– Obtener conclusiones a partir de la información obtenida.– Valorar la importancia del conocimiento científico.– Organizar y clasificar la información.	Identificación de cuestiones científicas. <ul style="list-style-type: none">– I2 Utilización de pruebas científicas. <ul style="list-style-type: none">– U2

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

Tal como señala Wilk (2006) a pesar de que hemos crecido bebiendo agua directamente del grifo, en la actualidad muchos consumidores prefieren pagar por beber agua embotellada: hemos aprendido a aceptar que debemos pagar por disponer de un producto que puede obtenerse todavía de forma gratuita en los grifos de nuestras casas, y muchos son los factores que influyen en esta decisión. Se ha de recordar que la tarea 6 tiene como finalidad hacer reflexionar a los estudiantes acerca de algunas de estas razones.

Así, la primera parte de la tarea 6, desarrollada en la pasada sesión, muestra la influencia de las estrategias publicitarias en el consumo de agua embotellada; en esta segunda parte, que hoy comenzamos, se aborda el análisis de tres de las razones que los propios estudiantes consideran relevantes para tomar la decisión de consumir agua de bebida embotellada frente a la del grifo (tabla 6.7).

¿PORQUÉ BEBEMOS AGUA EMBOTELLADA? FACTORES SELECCIONADOS PARA EL ANÁLISIS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El (mal) sabor del agua del grifo. ▪ La presencia de “cal” en el agua del grifo. ▪ La relación entre el agua embotellada y el cuidado de la salud.

Tabla 6.7. Razones de los estudiantes para consumir agua de bebida embotellada.

Como se recordará (véase descripción de la sesión 10), estas razones han sido extraídas del catálogo de ideas y creencias sobre el agua embotellada que los propios estudiantes elaboraron en la primera sesión.

La segunda parte de la tarea 6 se estructura en tres actividades (A.6.3 a A.6.5), donde se plantean sendas cuestiones de interés sobre los “factores de consumo” antes citados, tal como se presentan en la tabla 6.8.

FACTORES DE ANÁLISIS	CUESTIONES PLANTEADAS	ACTIVIDAD
El (mal) sabor del agua del grifo	<i>¿Por qué se suele decir que el agua del grifo tiene peor sabor que el agua embotellada?</i>	A.6.3
La presencia de “cal” en el agua del grifo	<i>¿Tiene “cal” el agua embotellada?</i>	A.6.4
Agua embotellada y cuidado de la salud	<i>¿Es más sana el agua embotellada que la del grifo?</i>	A.6.5

Tabla 6.8. Cuestiones a investigar por los estudiantes en relación al consumo de agua embotellada.

Se pretende que, previa consulta de los recursos que el profesor suministra, los estudiantes realicen una pequeña investigación para responder a las tres cuestiones que se plantean. Asumimos, por tanto, que estas tres actividades favorecen el desarrollo de competencias científicas, en particular, las relacionadas con *identificar cuestiones científicas* y *utilizar pruebas científicas*. Asimismo, este tipo de actividades puede contribuir al fomento de la competencia de autonomía e iniciativa personal y tratamiento de la información.

Descripción de la sesión

El profesor comienza la clase explicando que el objetivo conjunto de estas actividades es la de investigar el posible fundamento científico de algunas de las razones por las que se consume agua de bebida embotellada. Recuerda que los propios estudiantes eligieron en la actividad A.1.3, dos de estas razones para el consumo (“cal” y salud) como *investigables*, esto es, que podrían argumentarse en base a la existencia de datos y pruebas científicas (figura 6.99).

SÍ PUEDEN SER INVESTIGADAS CIENTÍFICAMENTE	NO PUEDEN SER INVESTIGADAS CIENTÍFICAMENTE
<ul style="list-style-type: none"> - Tiene menos cal. - Tiene más complementos. (más sales minerales) - Tiene más calidad. - Pureza. - Es más sana. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene mejor sabor. - El precio.

Figura 6.99. Cuestiones a investigar por los estudiantes.

«E03 me ha objetado que el sabor lo pusimos como no investigable. Le he aclarado que lo queremos hacer es conocer las posibles causas del “mal” sabor del agua del grifo, que eso sí se puede investigar. Otra cosa es decidir qué agua te gusta más».

(Diario del profesor observador)

El profesor matiza convenientemente lo que se demanda del grupo en estas tres actividades, con un especial hincapié en que deben completar un informe con la respuesta a la cuestión planteada. Les informa que para desarrollar estas actividades van a trabajar en pequeño grupo y que disponen de acceso a la web para consultar la información.

De esta manera, la clase debe quedar dividida en seis equipos (uno con cinco estudiantes y el resto con cuatro), de forma que dos equipos distintos deben completar la misma actividad, con la intención de que se comparen las respuestas encontradas. Se deja unos minutos para que los estudiantes se agrupen y formen los equipos que de forma aleatoria se enumerarán como equipo A, equipo B,..., equipo F. El profesor no interviene y permite que los estudiantes se organicen como crean oportuno, aunque el factor predominante parece ser la relación de afinidad entre ellos.

Seguidamente, el profesor asigna la actividad que corresponde a cada grupo de trabajo; la asignación se realiza por orden alfabético de los equipos, quedando la distribución final como se indica en la tabla 6.9. Finalmente, el profesor comenta que cada equipo debe elegir a un/una portavoz que tendrá que exponer la respuesta al resto de grupos y contestar a las cuestiones que se le planteen.

EQUIPO A	EQUIPO B	EQUIPO C	EQUIPO D	EQUIPO E	EQUIPO F
INTEGRANTES					
E16	E19	E13	E17	E07	E22
E05	E15	E01	E11	E20	E06
E08	E24	E12	E18	E09	E01
E02	E21	E10	E23	E26	E14.
E03					
FACTOR A INVESTIGAR					
SABOR	DUREZA	SALUD	SABOR	DUREZA	SALUD
PORTAVOZ					
E03	E15	E13	E18	E20	E06

Tabla 6.9. Composición y asignación de trabajo a los diferentes equipos de clase.

Antes de comenzar las actividades el profesor llama especialmente la atención sobre un par de aspectos importantes acerca de las fuentes de información que los estudiantes deben consultar: su autoría y grado de fiabilidad. Comenta con el grupo una breve presentación de diapositivas donde se indican algunos criterios y orientaciones sobre cómo valorar estos dos importantes aspectos (figura 6.100).

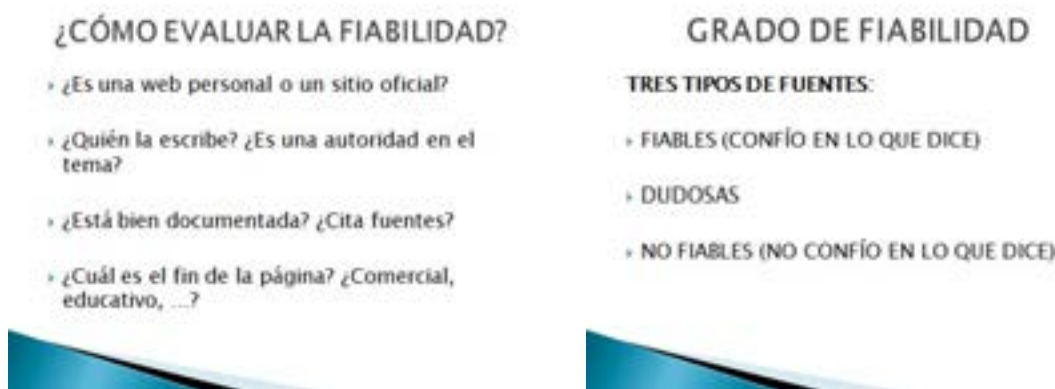


Figura 6.100. Criterios para evaluar el grado de fiabilidad de una fuente de información en la web.

«Los equipos no manifiestan ninguna duda sobre las nuevas actividades, aunque algunos alumnos se han quejado de que había que hacer “muchas cosas”».

(Diario del profesor observador)

Seguidamente, el profesor reparte los equipos informáticos (cada estudiante dispone de un ordenador portátil de la dotación TIC de los recursos del centro), y pide a los integrantes de un mismo equipo que se agrupen. Informa a los equipos que disponen hasta el final de la sesión para el desarrollo de las actividades.

«Se ha perdido mucho tiempo en el arranque de la actividad. El manejo de los ordenadores parece distraer a los estudiantes. Con repetidas llamadas de atención he tratado de que se vayan centrando».

(Diario del profesor observador)

Son las primeras actividades de este tipo que el grupo desarrolla pero, en opinión del profesor, los equipos parecen tener claro qué hacer, aunque se trabaja más individualmente que en equipo. El profesor es consciente de que los estudiantes carecen de una dinámica de trabajo en equipo consolidada, y observa falta de planificación y coordinación, entre los componentes de los equipos en el reparto del trabajo: distribución de tareas, organización y gestión del tiempo, etc.

«El equipo A parece el más implicado y se muestra muy activo; algunos de sus integrantes hacen intentos de trabajar verdaderamente “en equipo”. El resto de equipos poco a poco comienza con el informe aunque hay aún cierta dispersión. Otros pocos estudiantes no parecen tomárselo muy en serio».

(Diario del profesor observador)

Por otro lado, y en relación con el tratamiento de la información, los enlaces web que se suministran (véase la descripción de la sesión 12) “no contestan” de forma directa o literal a los tres interrogantes planteados, siendo necesario que los estudiantes localicen, extraigan y organicen la información adecuada para poder responder a las cuestiones

que se plantean, por lo que se espera que surjan dudas razonables durante el desarrollo. A pesar de todo, el profesor apuesta por intervenir lo menos posible procurando que sean los propios equipos los que tomen las decisiones necesarias, por lo que trata de



limitar sus intervenciones a aclarar alguna situación muy concreta, solucionar algunas dudas y recordar lo que se demanda del estudiante.

El resto de la sesión el profesor se dedica a observar la evolución del trabajo de los estudiantes. Registra que todos los equipos van completando las actividades asignadas, aunque el ritmo de trabajo es lento.

Advierte que algunos equipos siguen escudándose en que “no encuentran” la respuesta para justificar el poco avance. El profesor les recuerda que no van a encontrar la respuesta literal y que deben consultar todos los enlaces suministrados para elaborarla. Les insiste en que lean la información de manera más detenida.

«Entre los equipos más avanzados han aparecido intentos de “tirar del profesor”. Algunos estudiantes se quejaban de no encontrar la respuesta y demandaban mi ayuda. Les he animado y pedido que lo vuelvan a intentar».

(Diario del profesor observador)

El profesor comunica que en la próxima sesión tendrá lugar la exposición de los portavoces y da por finalizada la sesión de hoy.

En general, el ambiente de clase es distendido y el profesor no registra incidencias destacables salvo algún problema técnico con la carga de los enlaces web, que se ha soluciona de forma rápida. Transcurridos los momentos iniciales los distintos equipos se han ido centrando en las actividades a medida que la sesión avanzaba.

Como era de esperar se han registrado algunas quejas de los estudiantes por “la cantidad” de información suministrada o por no encontrar la respuesta de forma directa. No obstante, no se barajan cambios en la gestión de estas tres últimas actividades.

Cerramos la descripción de esta sesión con la siguiente anotación del diario del profesor, en la que constata necesitar dos horas adicionales para finalizar el desarrollo de la puesta en práctica:

«Voy a necesitar 2 horas más de clase por el retraso que he ido acumulando a lo largo de la puesta en práctica. El grupo lo sabe y acepta sin objeciones. Serán finalmente trece las sesiones necesarias».

(Diario del profesor observador)

6.2.13. SESIÓN 12

Contenido de la sesión

Jueves, 31 de mayo de 2012	08:15 h – 09:15 h	Aula ordinaria de 3º ESO A
CONTENIDO DE LA SESIÓN 12		
TAREA 6: ¿POR QUÉ BEBEMOS AGUA EMBOTELLADA? (continuación)		
Interrogante abordado: ¿Por qué bebemos agua embotellada?		
Exposición de los informes elaborados por parte de los equipos de trabajo.		

En la sesión de ayer, los estudiantes, trabajando en pequeños grupos, se dedicaron a completar las actividades A.6.3 – A.6.5; como se recordará, en estas actividades se plantean varias cuestiones sobre tres de los factores que aparecen en las respuestas de los alumnos y alumnas acerca de por qué elegir el consumo de agua de bebida embotellada frente a la del grifo, a saber: el (mal) sabor del agua del grifo, la “cal” del agua del grifo y el cuidado de la salud, variables que se escogieron por los motivos descritos en la sesión anterior. Esta nueva sesión se dedica en su mayor parte a la presentación y exposición de las respuestas elaboradas por los distintos equipos de trabajo, completándose de esta forma la tarea 6.

Descripción de la sesión

El profesor dedica los primeros minutos de clase a repasar brevemente lo que se hizo en la sesión de ayer y recordar cuál es el objetivo de las actividades de investigación asignadas a los distintos equipos de trabajo. Previene y avisa a los portavoces para que vayan preparando el material necesario para la exposición.

«Les he pedido a los equipos que presenten una respuesta lo más clara posible a las cuestiones planteadas, que hagan un esfuerzo por ofrecer una conclusión».

(Diario del profesor observador)

En la actividad A.6.3 los estudiantes deben buscar información acerca del “sabor del agua” y en particular analizar las causas del “mal” sabor que suele asociarse con el agua del grifo. De acuerdo con la literatura consultada, el (mal) sabor influye de forma importante en la percepción negativa que el consumidor suele tener de la calidad del agua del grifo, y por tanto, constituye una de las razones más citadas por los consumidores para elegir el agua de bebida embotellada como alternativa al agua corriente del grifo (Doria, 2006; Ferrier, 2001).

Esta actividad fue asignada a los equipos de trabajo A y D, que afrontaron el interrogante *¿Por qué se suele decir que el agua del grifo tiene peor sabor que el agua embotellada?*, a través de la consulta de los enlaces web indicados por el profesor (figura 6.101).

EL AGUA EMBOTELLADA Y EL SABOR DEL AGUA DEL GRIFO

Quizá una de las razones más repetidas a la hora de consumir agua de bebida embotellada es el “mal sabor” del agua del grifo de algunas poblaciones españolas.

Esta es la pregunta que vamos a investigar trabajando en pequeño grupo: ¿Por qué se suele decir que el agua del grifo tiene peor sabor que el agua embotellada? Para responder a esta pregunta vas a consultar una serie de sitios web y con la información obtenida debes elaborar un breve informe aportando tu respuesta.

RECURSOS	RESPONSABLES PÁGINA WEB	GRADO DE FIABILIDAD
http://alimentos.fundacionmenni.es/web/es/EL/produccion/		
http://www.aguacalidad.es/cert/emp/agua/calidad.asp		

A.6.3. Responde aquí a la pregunta planteada.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blanco López - mayo 2012

Página 43

Figura 6.101. Actividad A.6.3 acerca del sabor del agua del grifo (tarea 6).

El profesor espera que los estudiantes aludan a la composición mineral particular de cada agua, y en particular, a la presencia de ciertos iones en disolución para explicar su sabor característico, aunque la presencia obligatoria (por motivos de salud pública) de cloro residual en el agua del grifo, y no presente en el agua embotellada, confiere además ese matiz diferenciador identificado por muchos consumidores como “mal” sabor.



El profesor pretende que la actuación de los distintos portavoces no se limite exclusivamente a la lectura de las respuestas preparadas, y así, decide intervenir activamente realizando una serie de preguntas clave que servirán, además, para estructurar y ordenar la exposición.

Como ejemplo se muestra un extracto del contenido de la grabación de la sesión mientras presenta su trabajo E03, portavoz del grupo A:

- Profesor: *¿Qué página web se han consultado?*
 Profesor: *¿Quiénes son los responsables de la primera página web?*
 E03: *Fundación Eroski.*
 Profesor: *¿Consideráis fiable esta página web? ¿Citan fuentes?*
 E03: *Para nosotros es adecuada.*
 Profesor: *Entonces, ¿os fiais de lo que han escrito?*
 [...]
 Profesor: *¿Y la segunda?*
 E03: *Aigües de Barcelona.*
 Profesor: *Es decir, el Ayuntamiento de Barcelona. ¿De qué trata esta página?*
 Profesor: *¿Confidáis en esta página?*
 E03: *Para nosotros el grado de fiabilidad: fiable.*
 [...]
 Profesor: *¿El agua tiene sabor o es insípida?*
 E03: *Tiene sabor por una serie de sustancias disueltas.*
 Profesor: *Pero la pregunta es: ¿por qué la del grifo suele tener peor sabor?*
 Profesor: *El agua del grifo, ¿lleva algo distinto al agua embotellada para que le confiera ese “mal sabor”?*
 E18: *La cal.*
 E03: *El sodio, potasio, calcio, magnesio...*
 Profesor: *Pero según los análisis que vimos el otro día hay sodio, potasio, calcio y magnesio en el agua embotellada y en el agua del grifo. Eso le confiere sabor pero esa no es la diferencia...*
 E03: *El agua del grifo tiene cloro.*
 Profesor: *Exactamente, es el cloro, que se añade para que el agua del grifo llegue en buenas condiciones. Esa sustancia le da ese sabor peculiar al agua del grifo.*
 Profesor: *¿La respuesta queda clara?*
 [...]
 Profesor: *Veis como la respuesta es relativamente sencilla pero la tenéis que encontrar en páginas web que ofrecen mucha información, por eso tenéis que ser capaz de leerlas y extraer la conclusión más oportuna...*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

«El tema de la dureza del agua también interviene en el sabor, pero les he dicho que no vamos a tocar este aspecto».

(Diario del profesor observador)

El profesor trata de que los estudiantes participen en el diálogo y formulen preguntas a E03, si bien la mayoría adoptan una actitud algo pasiva. El profesor insiste pero los estudiantes manifiestan “tenerlo claro. El profesor les recuerda que deben completar los cuadernos de trabajo con las respuestas a las preguntas planteadas. En este punto el profesor recoge la queja de varios de ellos en el sentido de que *las respuestas son muy largas*. Por eso, insta a los portavoces de los equipos a que ofrezcan una conclusión que resuma lo más importante.

El profesor observa en la respuesta que presenta el equipo A “partes” copiadas casi literalmente de los enlaces consultados, sin que exista un auténtico tratamiento de la información, en el sentido de síntesis y concreción a la pregunta planteada con un exceso de información poco significativa, como puede observarse en la siguiente imagen (figura 6.102).

El agua del grifo contiene sales minerales y nutrientes que proporcionarían un olor y un sabor particular, según las cantidades de Potasio, Calcio y Magnesio.

Para mejorar el sabor se deja el agua media hora después de la salida del grifo expuesta al aire para que se evapore el cloro y tenga mejor sabor.

❑ No todas las aguas son iguales. En función de su origen, tratamiento y composición estamos frente al agua potable, mineral o de manantial.

Para diferenciarlos basta fijarse en su procedencia y sabor.

El agua puede ser: ciudadana, ciudadana o ciudadana.

Si vives en una gran ciudad, lo más probable es que el agua potable que sale del grifo provenga de fuentes superficiales de agua dulce, como los lagos, ríos y embalses.

Mientras que si vives en una zona rural, el agua puede proceder de pozos cercanos que han bombeado agua subterráneas, y que a su vez conectan con manifiestos, embalses naturales debajo de la superficie terrestre.

Los aguas minerales naturales son beneficiosas para la salud por la naturaleza. La diferencia entre agua mineral y manantial es que no tienen obligación de tener una composición mineral constante y característica, y tampoco se le pretenden efectos beneficiosos para la salud.

Figura 6.102. Respuesta del equipo A a la actividad A.6.3 (tarea 6).



El profesor cede la palabra a E18, la portavoz del grupo D, para que exponga su respuesta. El equipo D que también tiene asignada la misma cuestión sobre el sabor, presenta (véase figura 6.103) una respuesta algo más concisa pero igualmente poco elaborada en el mismo sentido apuntado anteriormente, esto es falta de concreción.

RECURSOS	RESPONSABLES PÁGINA WEB	GRADO DE FIABILIDAD
http://ideasana.fundacioneroski.es/web/es/01/producto/	Fundación Eroski	✓ Fiable
http://www.aiguesdebarcelona.cat/esp/agua/calidad.asp	Aigües de Barcelona / Ayunt- amiento de Barcelona	✓ Fiable

A.6.3. Responde aquí a la pregunta planteada.

El agua pura debe ser inodora, incolora e insípida. O al menos esa es la teoría. En la práctica, al degustar cualquier tipo de agua, esta deja un ligero sabor en el paladar. El agua del grifo contiene sales minerales y otros nutrientes que suelen proporcionar un sabor y un olor particular, por eso muchas las aguas ricas en calcio, sodio y magnesio tienen un sabor más intenso. Para mejorar el sabor es recomendable depositarla en una jarra de vidrio abierta, dejando reposar durante media hora para que se escape el olor e introducirse en la nevera. Si añadimos una gota de limón para mejorar su sabor.

Figura 6.103. Respuesta del equipo D a la actividad A.6.3 (tarea 6).

«Como se ha limitado a leer sin más, le he dicho a E18 que termine su exposición con una conclusión para la pregunta que se le ha planteado; pero E18 se queja de que no han trabajado de esta manera tan “abierta” nunca y que no sabe qué conclusión sacar».

(Diario del profesor observador)

Terminadas las intervenciones y para cerrar esta actividad el profesor ayuda al grupo a que trasladen al cuaderno de trabajo una posible conclusión que en pocas líneas resuma la respuesta a la pregunta planteada. Para dinamizar la clase el profesor le pregunta a E06, qué cuál cree que podría ser esa conclusión:

«El agua del grifo tiene peor sabor porque tiene cloro. El agua embotellada no necesita cloro» (E06).

En este punto el profesor sí registra una pregunta de E22 que puede resultar de interés, y que se recoge en el siguiente extracto de la grabación:

- E22: *Pero maestro, el agua embotellada tiene cloruros.*
 Profesor: *Efectivamente, pero no tiene cloro. No es lo mismo.*
 E22: *¿Por qué no es lo mismo?*
 Profesor: *Los cloruros son componentes naturales del agua. Ya están en el agua de forma natural. El cloro es un desinfectante que se añade al agua para hacerla potable.*
 [...]

 Profesor: *Ese sabor a lejía que nos es familiar se debe al cloro añadido, aunque si el agua tiene mucho cloruro puede tener un sabor a “salado” aunque depende del tipo de agua.*

(Extracto de la grabación de la sesión de clase)

La actividad A.6.4 se relaciona con la dureza (“la cal”) del agua del grifo, otro de los factores “a favor” del consumo de agua embotellada citado por los propios estudiantes. Al respecto, debe recordarse que en el cuestionario de ideas previas, actividad A.1.1 de la secuencia, un total de 13 estudiantes (de 25) eligieron la *presencia de menos cal* (figura 6.104) como motivo para preferir el consumo de agua de bebida embotellada, por encima de factores tan importantes como el sabor, la calidad o la salud.

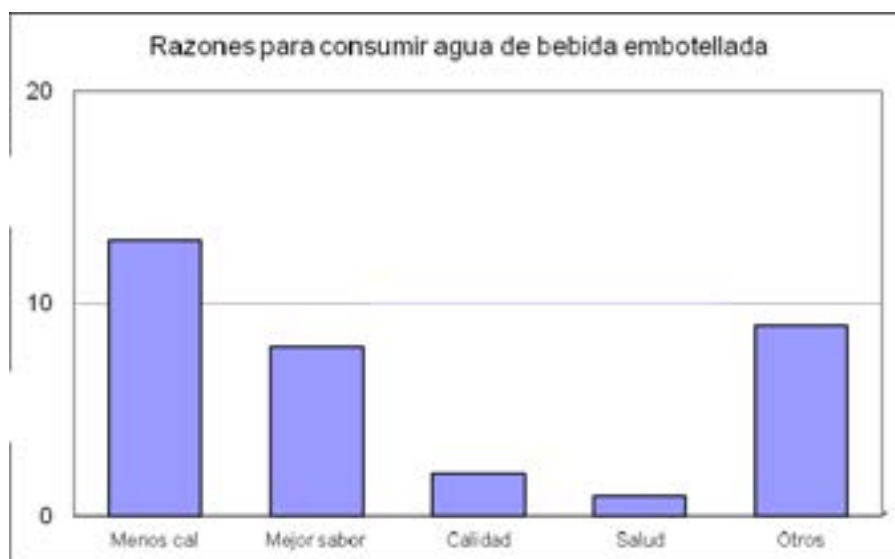


Figura 6.104. Razones para consumir agua embotellada con indicación de su frecuencia.

Así, respuestas como *el agua del grifo puede contener suciedad como la cal*, o *el agua embotellada contiene menos impurezas, como la cal*, están presentes en las ideas previas de los estudiantes. En esta misma línea, en los estudios preliminares de esta investigación (véase capítulo IV) se utilizó un cuestionario inicial, similar al utilizado en la unidad, para detectar las ideas y creencias que los estudiantes de educación secundaria de diversos centros de Málaga y su provincia, manifestaban sobre el tema del consumo de agua de bebida embotellada.

Como ya se comentó en su momento, el análisis de las respuestas puso de manifiesto continuas referencias a la presencia de “cal” en el agua del grifo como una razón importante para preferir el consumo de agua embotellada (Rodríguez Mora y Blanco, 2012). Asimismo, para muchos estudiantes la presencia de “cal” es algo exclusivo del agua del grifo y de la que el agua embotellada parece estar exenta. En esta línea, aparecen de forma significativa afirmaciones del tipo *porque (el agua embotellada) no tiene cal como el agua del grifo*.

Por otro lado, la presencia de “cal” en el agua del grifo se identifica como algo negativo lo que contribuye a la mala percepción que, en general, parecen tener muchos de ellos sobre el agua corriente del grifo: *el agua del grifo es mala por la cal*. También se identificó la creencia de que la “cal” del agua parece ser algo “externo” añadido al agua y no una particularidad debida a su origen y composición: *el agua del grifo puede tener cal de las tuberías pero el agua embotellada no tiene cal porque no la hemos sacado de las tuberías* (Rodríguez Mora y Blanco, 2012).

Con objeto de atender a estas ideas y creencias y de ayudar a los estudiantes a revisarlas y evaluarlas a la luz del conocimiento químico, se decidió incorporar alguna actividad sobre esta cuestión a la secuencia didáctica. Así, la actividad A.6.4 (figura 6.105) propone que se investigue el siguiente interrogante *¿Tiene cal el agua embotellada?*, siendo los equipos B y E los encargados de la redacción y presentación del correspondiente informe.

El profesor espera que los equipos identifiquen la presencia de “cal” en el agua como una manifestación natural de su dureza. Desde esta consideración previa, la “cal” no es algo externo o añadido, sino una particularidad relacionada con la composición del agua, y en particular, con la presencia de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} en disolución, por lo que no es algo exclusivo del agua del grifo presente, por tanto, en cualquier agua de bebida, aunque en distinto grado o concentración, de acuerdo a la naturaleza del agua.



Volviendo a la descripción de la sesión, el profesor pide que continúen las intervenciones. E20, como portavoz del equipo E, es la encargada de exponer el informe (véase figura 6.106), mientras el profesor vuelve a intervenir frecuentemente con una gestión de la exposición similar a las otras dos anteriores.

EL AGUA EMBOTELLADA Y LA DUREZA DEL AGUA DEL GRIFO

Otra razón por la que decidimos consumir agua embotellada tiene que ver con la dureza y la "cal" del agua del grifo. Tras consultar los recursos que se proponen debes tratar, trabajando en pequeño grupo, de responder de manera justificada a la siguiente pregunta: **¿Tiene cal el agua embotellada?**

RECURSOS	RESPONSABLES PÁGINA WEB	GRADO DE FIABILIDAD
http://www.consumers.es/web/es/economia_domestica/ocio-y-lugares/2005/11/29/14730n.php		
http://www.ecometa.org/ediciones/cal/cal.htm		
http://www.infoconsumers.es/web/es/20030603/actividad/actividad/71677.php		

A.6.4. Responde aquí a la pregunta planteada.

Autores: Francisco Rodríguez Mora y Ángel Blasco López - mayo 2012

Figura 44

Figura 6.105. Actividad A.6.4 acerca de la "cal" del agua del grifo (tarea 6).

A.6.3. Responde aquí a la pregunta planteada.

El agua contiene en mayor o en menor grado diversas y entre ellas algunas como el calcio y el magnesio que en determinadas circunstancias pueden producir precipitados de cal que se incrusta en el circuito del agua.

Cuando además de calcio y el magnesio también se hallan presentes en el agua los iones bicarbonato al aumentar la temperatura se produce en función de temperatura y produce cal y causan graves problemas.

Las sales de cal precipitan rápidamente y forman manchas blancas en la grifería que son difíciles de quitar. Nuestra conclusión es que creemos que tienen cal pero las del grifo tienen más cal que la de botella.

Figura 6.106. Respuesta del equipo E a la actividad A.6.4 (tarea 6).

Aunque se observa falta de concreción la respuesta de este equipo sí contiene información relevante y se ofrece una conclusión, aunque no suficientemente argumentada. El profesor considera que con esta conclusión es suficiente pero insiste en la idea de que la “cal” del agua es algo inherente a su composición química, presente por tanto en todas las aguas de bebida, ya sean del grifo o embotelladas. Igualmente insiste en el hecho de que la presencia de “cal” en el agua no es un factor de riesgo para la salud, aspecto al que no se alude en la respuesta y que el profesor considera de interés.

«La conclusión es adecuada aunque hay excepciones, y hay aguas minerales muy duras, más que muchas aguas del grifo...».

(Diario profesor observador)

Tras haber invertido el orden de actuación, por motivos diversos, el profesor pide a la portavoz del grupo B que exponga su informe, pero se excusa en que el equipo no ha encontrado la respuesta, y por tanto, no realiza la exposición, lo que le vale la amonestación verbal de profesor, tal como refleja el propio docente en su cuaderno de clase:

«El grupo E sí ha presentado su trabajo. E15, la portavoz del grupo B, dice no haber encontrado la respuesta. Le digo que la respuesta estaba pero que había que leer, buscar. Hay quejas de E15: “si no venía..., no la encontrábamos... Te lo dijimos cuarenta mil veces y no nos hacías caso”».

(Diario del profesor observador)

Para cerrar esta actividad el profesor pide a E26 que lea su resumen para esta pregunta, que se muestra en la figura 6.107.

A.6.4. Responde aquí a la pregunta planteada.

La cal: es calcio y magnesio.
El agua embotellada si lleva cal.
Todas las aguas tienen cal pero que el agua del grifo tiene más cal que el agua de botella. ✓

Figura 6.107. Anotación en el cuaderno de trabajo de E17 para la actividad A.6.4 (tarea 6).

La actividad A.6.5 contiene, en opinión del profesor, la cuestión más compleja y que plantea el posible impacto beneficioso sobre la salud del consumo de agua de bebida embotellada, un auténtico debate a escala mundial. Pero, ¿existen evidencias científicas que apunten en ese sentido? Este es el interrogante que se plantea a los equipos C y F: *¿Es más sana el agua embotellada que el agua del grifo?* (figura 6.108). A este respecto, el profesor no espera una respuesta única del tipo *sí* o *no*. Se trata de mostrar a los estudiantes que existen líneas para defender el consumo de agua de bebida embotellada, pero también en contra.

EL AGUA EMBOTELLADA Y EL CUIDADO DE LA SALUD

Muchos consumidores tienen la percepción de que consumir agua de bebida embotellada les ayudará a estar mejor, a cuidarse. Esta es la pregunta que nos vamos a plantear: **¿Es más sana el agua embotellada que el agua del grifo?**

Debes elaborar, trabajando en pequeño grupo, tu respuesta a partir de los recursos que se indican seguidamente:

RECURSOS	RESPONSABLES PÁGINA WEB	GRADO DE FIABILIDAD
http://www.anscibo.com/web/agua_embotellada/beneficios		
http://www.universityofcalifornia.edu/news/spanish/article/10660		
http://www.lasindagaciones.es/sociedad/2010/10/13/000112607007000716497.htm		

A.6.5. Responde aquí a la pregunta planteada.

Autores: Francisco Rodríguez Mota y Ángel Blasco López - mayo 2012

Página 41

Figura 6.108. Actividad A.6.4 (tarea 6).

Volviendo al desarrollo de la sesión de hoy, el profesor pide a *E13*, como portavoz del grupo C. que exponga su conclusión, que queda estructurada por frecuentes intervenciones del profesor, siguiendo la misma dinámica anterior.



Las dos, desde mi punto de vista, son muy fiables, es la conclusión con la que cierra su exposición *E13*, una conclusión algo ambigua, que parece relacionarse más con la seguridad (riesgo para el consumidor) que con los efectos sobre la salud de quien ingiere agua embotellada; aún así, el cuerpo de la respuesta sí contiene información adecuada para la cuestión planteada y así se lo indica el profesor (figura 6.109).

RECURSOS	RESPONSABLES PÁGINA WEB	GRADO DE FIABILIDAD
http://www.aneabe.com/web/agua_envasada/beneficios	Anabe	Me fío
http://www.universityofcalifornia.edu/news/spanish/article/10605	University of California	Me fío
http://www.lavozdegalicia.es/sociedad/2010/10/13/00031286970278002716497.htm	La voz de galicia es	Me fío

A.6.5. Responde aquí a la pregunta planteada.

El agua embotellada no siempre es mejor que la del grifo un experto asegura que el agua del grifo es tan sana como la embotellada. !!

Hay muchas clases de agua embotellada, pero el agua embotellada es mucho más cara que el agua del grifo y a veces parece estar contaminada y acentuados para residuos mientras que el agua del grifo es mucho más barata y no genera residuos. Pero la vez costó mi proba a vista son muy fáciles.

Figura 6.109. Respuesta del equipo C a la actividad A.6.5 (tarea 6).



Finalmente, cierra el ciclo de exposiciones E06, portavoz del grupo F.

El equipo F aporta una respuesta más elaborada que la del equipo C, aunque como el resto de grupos presenta un hilo argumental algo difuso (figura 6.110).

«Por una pequeña lesión E06 me ha pedido exponer desde su asiento. Le he dicho que no había problema».

(Diario del profesor observador)

A.6.5. Responde aquí a la pregunta planteada.

El doctor Javier Arancibia afirma que el agua del grifo es tan sana como la embotellada, pero que en algunos puntos de la geografía española, especialmente en zonas costeras, no es tan agradable al paladar la del grifo, lo que genera que haya un mayor consumo de agua embotellada. También se observó que el agua del grifo es más barata y no genera residuos para el medio ambiente, como es el caso de las botellas de agua. Un estudio de la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) concluyó que las aguas minerales embotelladas no son necesarias para una buena salud. El doctor Arancibia señala que muchas de las aguas embotelladas están embotelladas en lugares libres de contaminantes, por lo que tienen un grado más elevado de pureza. En relación "coste-beneficio" o en "coste social" es mejor consumir agua mineral.

En conclusión, el agua del grifo se puede considerar tan sana como el agua embotellada.

Figura 6.110. Respuesta del equipo F a la actividad A.6.5 (tarea 6).

No obstante, y como se puede apreciar, sí presenta una conclusión clara y rotunda: *en conclusión, el agua del grifo se puede considerar tan sana como el agua embotellada.*

«Por encima del dilema de si “Sí” o si “No”, ambos tipos de agua son desde el punto de vista microbiológico seguras (...) sin ningún riesgo para la salud; esta es la idea principal que les he intentado transmitir».

(Diario del profesor observador)

El profesor recuerda una vez más al resto de equipos que anoten las correspondientes conclusiones en los cuadernos de trabajo. Para cerrar la actividad pide a E01 que lea su conclusión a esta última pregunta: *el agua embotellada no siempre es mejor que el agua del grifo. Un experto asegura que el agua del grifo es tan sana como la embotellada, con la que el grupo se muestra de acuerdo.*

«En general la clase se ha portado bien y atendía a las intervenciones de los portavoces. Eso sí se limitaban a escuchar. No hacían preguntas. Muy poca participación salvo excepciones».

(Diario del profesor observador)

El profesor concluye las actividades de la sesión de hoy, y con ello la tarea 6, recordando a los estudiantes que la información consultada se encuentra disponible en la web para cualquier ciudadano, de ahí la necesidad de “saber leer” la información precisa y desarrollar un espíritu crítico como receptores de esa información, teniendo siempre presente la posible fiabilidad de las fuentes consultadas.

Aún quedan unos diez minutos para que termine la clase. Aunque algunos estudiantes manifiestan su desacuerdo, el profesor demanda la colaboración del grupo y utiliza estos minutos para comentar algunos aspectos de la tarea 7, con la que concluye la secuencia de actividades.

Para lograr una mayor coherencia en el desarrollo de la secuencia el profesor intenta ayudar al grupo a ubicar esta última tarea, por lo que dedica unos minutos a recordar con los estudiantes las tres partes en que se estructura la unidad didáctica, y expone un recorrido rápido de cómo ha ido avanzando la secuencia, de forma que esta última tarea debe servir como síntesis y recapitulación de los contenidos trabajados.

Por tal motivo, y para abordar con ciertas garantías esta última tarea, el profesor pide a los estudiantes que dediquen el tiempo que resta a revisar el cuaderno de trabajo y realizar una lista de los contenidos trabajados. La mayoría del grupo atiende las indicaciones del profesor y, de esta manera, se concluye la clase de hoy.

Excepto el equipo B que ha evidenciado una clara falta de trabajo, el profesor considera muy aceptable los intentos del resto de equipos por ofrecer una respuesta argumentada a las distintas cuestiones planteadas. Debe tenerse en cuenta que este tipo de actividades sobre manejo de la información no resultan fáciles para los estudiantes, además de requerir un entrenamiento que no siempre se consigue en el aula, como el profesor tiene ocasión de constatar en diálogo con el grupo: *es la primera vez que trabajamos de esta forma, las preguntas eran interesantes pero eran difíciles las respuestas, había que leer mucho para sacar la información*, etc.

Como nota “negativa” del desarrollo de la secuencia el profesor vuelve a hacer dejar constancia de cierta pasividad del grupo, salvo momentos puntuales en los que tomaban la palabra los respectivos portavoces. Ante el requerimiento e insistencia del profesor los estudiantes manifestaron que no se trataba de un tema de interés sino de “cansancio” asociado al final del trimestre.

Al respecto hemos de recordar que el grupo se halla inmerso en los exámenes de la tercera evaluación. En cualquier caso, y a pesar de algunos inconvenientes surgidos, el profesor considera la experiencia de la sesión de hoy muy positiva. No se valora realizar cambios en las actividades propuestas.

6.2.13. SESIÓN 13 (y última)*Contenido de la sesión*

Martes, 5 junio de 2012	08:15 h – 09:15 h	Aula ordinaria de 3º ESO A	
CONTENIDO DE LA SESIÓN 13			
TAREA 7: SÍNTESIS Y RECAPITULACIÓN			
Interrogantes abordados: ¿Qué ventajas e inconvenientes presenta el consumo de agua del grifo y el de agua embotellada?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC(*)
A.7.1. Elaboración de una tabla indicando desde la perspectiva del alumno cuáles son (en su opinión) las ventajas e inconvenientes asociados con el consumo de cada tipo de agua.	Trabajo Individual.	<ul style="list-style-type: none">– Analizar situaciones cotidianas y establecer analogías y diferencias.– Producir mensajes orales y escritos con propiedad.	Identificación de cuestiones científicas. <ul style="list-style-type: none">– I2
Interrogantes abordados: ¿Es necesario consumir agua embotellada? ¿Es mejor que la del grifo?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC(*)
A.7.2. Respuesta crítica a las preguntas clave formuladas al comienzo de la unidad.	Trabajo Individual. Exposición de los alumnos.	<ul style="list-style-type: none">– Analizar una situación del entorno cotidiano.– Fomentar la reflexión y la capacidad de argumentación.– Valorar la importancia del conocimiento científico para la toma de decisiones.– Fomentar hábitos adecuados de salud.– Organizar la información.– Producir mensajes orales y escritos con propiedad.	Utilización de pruebas científicas. <ul style="list-style-type: none">– U3
Interrogantes abordados: ¿Qué he aprendido sobre el tema? ¿Qué me ha parecido esta forma de trabajar en el aula?			
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	ESTRATEGIA DIDÁCTICA	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CC
Cuestionario de valoración.	Trabajo Individual.	<ul style="list-style-type: none">– Desarrollar la capacidad de análisis.	----

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006a). Véase tabla 5.1.

Las fases IV (*síntesis y recapitulación*) y V (*reflexión sobre el aprendizaje y evaluación*) de la secuencia formativa se condensan en la tarea 7 (y última). Con estas dos últimas fases se pretende relacionar entre sí los distintos contenidos abordados en la secuencia para facilitar al estudiante una visión de conjunto y sistematización de aquellos aspectos y situaciones que sobre el agua de bebida (de la red pública y envasada) han sido analizados a lo largo de unidad. En otros términos, se trata de revisar, organizar y valorar los contenidos desarrollados.

La tarea 7 se estructura en dos actividades (A.7.1 y A.7.2). En la primera los estudiantes deben indicar, desde su punto de vista particular, cuáles son las ventajas e inconvenientes que pueden asociarse con el consumo de ambos tipos de agua de bebida (del grifo y embotellada). En la segunda actividad los alumnos y alumnas deben responder a los dos interrogantes clave formulados al inicio de la unidad (véase descripción de la sesión 1), que se han venido utilizando como eje conductor de la propuesta didáctica, y que recordamos seguidamente: *¿Es necesario consumir agua embotellada?* *¿Es mejor que la del grifo?* Se completa la tarea con un cuestionario de valoración final sobre la unidad didáctica desarrollada.



Descripción de la sesión

El profesor dedica los primeros minutos de la clase a presentar la tarea 7, y a explicar la finalidad de las dos actividades que la integran y del cuestionario de valoración con la que se cierra la unidad ensayada.

E03 se encarga de leer y presentar al grupo la actividad A.7.1 (figura 6.111).

TAREA 7. SÍNTESIS Y RECAPITULACIÓN

A.7.1. Haz un cuadro indicando cuáles son, en tu opinión, las ventajas e inconvenientes al consumir agua del grifo o agua embotellada.

TIPO DE AGUA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
		
		

A.7.2. Responde a las preguntas iniciales de la unidad, justificando tus respuestas.
En tu opinión

a) ¿Es necesario consumir agua de bebida embotellada?

b) ¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo? ¿Por qué SÍ o por qué NO?

Autores: Francisco Rodríguez Marín y Ángel Blanco López - mayo 2012 Página 96

Figura 6.111. Actividades de la tarea 7.

Como se observa, se trata de completar un cuadro, ya preparado, en el que el estudiante debe señalar algunas ventajas e inconvenientes que, desde su punto de vista, pueden relacionarse con el consumo de agua de bebida tanto envasada como corriente de la red pública. De esta manera el estudiante debe realizar un esfuerzo de sistematización y recapitulación de las distintas dimensiones que sobre estos aspectos se han ido tratando a lo largo de la secuencia. Desde el punto de vista del fomento de la competencia científica, opinamos que esta actividad exige del estudiante que comprenda y resuma la información como aspectos importantes relacionados con la capacidad de *identificar cuestiones científicas*.

El profesor dedica los próximos minutos de la clase para que los estudiantes, de forma individual, completen el cuadro-resumen que se demanda.

«Me he paseado por la clase animándolos a que escriban todo lo que se les ocurra. Muchos terminan muy rápido, escriben poco. Les he insistido y algunos se quejaban: “no se me ocurre nada más” me han dicho varios».

(Diario del profesor observador)

Para conocer las opiniones del grupo, el profesor pide a los estudiantes que lean en voz alta sus respuestas, exposición en la que participan prácticamente la totalidad del alumnado presente. Seguidamente se recogen varios ejemplos de las producciones de los estudiantes (figuras 6.112 y 6.113).

A.7.1. Haz un cuadro indicando cuáles son, en tu opinión, las ventajas e inconvenientes al consumir agua del grifo o agua embotellada.



TIPO DE AGUA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
	<ul style="list-style-type: none"> - Es más barata. - Está más controlada. - No deja residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene más cal. - Tiene peor sabor. - No podemos ver sus componentes sin hacer un análisis previo. - Menos controlada.
	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene menos cal. - Tiene mejor sabor. - Podemos ver sus componentes en la etiqueta. - No tiene cloro. - Más controlada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es más cara. - Está menos controlada. - Deja residuos.

Figura 6.112. Respuesta de E06 a la actividad A.7.1 (tarea 7).



TIPO DE AGUA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
	Que es más barata. No contamina.	Tiene más cloro y por lo tanto sabe peor.
	Tiene mejor sabor. Tiene menos cal. Es más cómoda. Mejor calidad.	Es más cara que la del grifo. Contamina.

Figura 6.113. Respuesta de E16 a la actividad A.7.1 (tarea 7).

En la tabla 6.10 se recoge de manera resumida las principales ventajas e inconvenientes manifestadas por los estudiantes tras el análisis de los cuadernillos de trabajo (se indica entre paréntesis la frecuencia de respuesta encontrada).

	AGUA DEL GRIFO	AGUA EMBOTELLADA
VENTAJAS	Es más barata (21). No contamina (16). No deja residuos (12). Muy controlada (11).	Menos cal (16). No necesita cloro (13). Es más cómoda (13). Más calidad (11). Tiene mejor sabor (11). Es más sana (4). Control (1). Podemos ver sus componentes en la etiqueta (1).
INCONVENIENTES	Peor sabor (16). Tiene más cal (15). Necesita cloro (14). No ver sus componentes (1).	Más cara (21). Contamina (17). Es menos segura (5). (menos control) También cal (3).

Tabla 6.10. Ventajas e inconvenientes en el consumo de agua de bebida embotellada.

Que es más barata y que no contamina son las principales ventajas que los estudiantes encuentran en el agua de la red pública. Respecto al agua de bebida embotellada, la *menor presencia de “cal”, no necesitar cloro y que es más cómoda*, son sus principales ventajas de acuerdo a la opinión de los estudiantes.

Por otro lado, el *peor sabor, que tiene más cal y necesitar cloro* –para el agua pública de la red–; y *ser más cara* y que *contamina* –para el agua de bebida embotellada–, se revelan como los principales inconvenientes de ambos tipos de agua. Destacar que la “cal” en el agua se sigue percibiendo por los estudiantes como un factor negativo, de ahí que se prefiera el agua embotellada por “tener menos cal”, y a pesar de la insistencia del profesor (actividad A.6.4) de que su presencia no representa ningún riesgo para la salud.

En relación a la composición química, no se ha identificado referencia alguna al hecho de que ambos tipos de aguas, tanto el agua corriente como la embotellada, contienen los iones fundamentales necesarios (en forma sales minerales) para una correcta salud, por lo que, nutricionalmente, y salvo demandas específicas, estos dos tipos de aguas son bastantes adecuadas, aspecto sobre el que se insistió frecuentemente en la tarea 5. En relación a esta dimensión, tampoco se han registrado referencias a la composición constante del agua embotellada (al menos en el caso del agua mineral natural) frente a la más fluctuante y estacional del grifo.

Tampoco se hace referencia a la (mayor) “pureza” del agua embotellada, uno de los factores distintivos en los mensajes publicitarios de este producto, aspecto sobre el que también se insistió en la secuencia didáctica, al poner de manifiesto que puede llegar a contener sustancias químicas derivadas del plástico o diferentes tipos de microorganismos, aunque sin riesgo para la salud (véase actividad A.6.5).

Como complemento a lo indicado, en la tabla 6.11 se presenta una visión global de los atributos que más destacan los estudiantes para cada tipo de agua de bebida:

DIMENSIÓN	AGUA DEL GRIFO	AGUA EMBOTELLADA
CALIDAD	----	Más calidad.
COMODIDAD	----	Más cómoda.
COMPOSICIÓN	Necesita cloro.	No necesita cloro.
	Más cal.	Menos cal.
	Menos información.	Mayor transparencia (etiquetas).
ECOLÓGICAS	No genera residuos.	Contamina.
PRECIO	Más barata.	Más cara.
SABOR	Peor sabor.	Mejor sabor.
SALUD	Menos sana.	Más sana.
SEGURIDAD	Muy controlada (segura).	Menos controlada (¿?)

Tabla 6.11. Resumen de opiniones acerca del agua de bebida, según los participantes.

Si la presencia de “cal” en el agua sigue siendo percibida por los estudiantes como un “problema”, resulta llamativo constatar que tras la secuencia los estudiantes “ven” al agua del grifo como un agua segura para el consumo, sometida a estrictos controles de vigilancia sanitaria, en contra de lo observado inicialmente en el cuestionario de ideas previas. Incluso algunos estudiantes (concretamente cinco) opinaron que el agua embotellada es menos segura o que está menos controlada que la del grifo, lo cual parece una conclusión poco adecuada como ya se comentó en su momento.

Por el contrario, los estudiantes siguen percibiendo al agua de bebida embotellada, en términos generales, como *más sana*, a pesar de que se ha insistido bastante en la idea de que no existen informes técnicos que avalen esta creencia. De hecho, la conclusión que obtuvieron los equipos de trabajo en la actividad A.6.5 (véase la descripción de la sesión 11) sobre este aspecto fue que *el agua del grifo se puede considerar tan sana como el agua embotellada*, que pareció ser asumida por el grupo. Esta situación parece revelar también la dificultad de cambiar este tipo de creencias cotidianas fuertemente arraigadas.

Volviendo a la sesión de hoy, y concluida la primera actividad, el profesor pide a E23 que lea y presente la actividad A.7.2 (figura 6.111). En esta última actividad de la secuencia se pide a los estudiantes que contesten a las dos cuestiones que abrieron la SEA, que tal como se comentó en su momento, son consideradas las dos preguntas (interrogantes) clave para las que la búsqueda de respuestas, actúa como eje vertebrador que fundamenta toda la secuencia de actividades propuesta, y que recordamos en la figura 6.114.



Figura 6.114. Los dos interrogantes clave de la secuencia didáctica.

Tras desarrollar la secuencia formativa se pretende ahora que el estudiante dedique unos momentos a exponer su opinión sobre si el agua embotellada es mejor que el agua del grifo, y en consecuencia, sobre la necesidad de consumir agua de bebida embotellada. Desde el punto de vista del desarrollo de competencias científicas esta actividad favorece la habilidad de reflexionar acerca de los problemas científicos con implicaciones sociales y la utilización de los conocimientos científicos para la toma de decisiones, capacidades ambas vinculadas con la competencia de *utilizar pruebas científicas*.

«He dedicado unos momentos a recordar con los estudiantes cuáles fueron las preguntas que abrieron la unidad. Les digo que la actividad de cierre consiste en contestar a estas dos mismas preguntas».

(Diario del profesor observador)

El profesor deja tiempo suficiente para que se completen las respuestas a las cuestiones planteadas. El docente muestra una especial insistencia en que el grupo explique sus respuestas lo más detalladamente posible. A pesar de todo, se observa una situación similar a la registrada en la actividad anterior y, aunque los estudiantes se ocupan en las cuestiones, buena parte del grupo “se esfuerza” poco por completar la actividad, escribiendo frases cortas o muy cortas, y con escasas justificaciones.

«He insistido bastante en lo que tenían que hacer. Les pido que escriban todo lo que se les ocurra: no basta con poner Sí o No, hay que justificar... Algunos se lo toman más en serio».

(Diario del profesor observador)

Poco después, la mayoría de los estudiantes manifiesta «haber terminado» y el grupo comienza a dar señales de cierta dispersión; por tal motivo, el profesor implicar al grupo y pide que intervengan varios estudiantes con la lectura de sus respuestas. El grupo colabora en esta dinámica aunque no se registran intervenciones espontáneas ni preguntas o aclaraciones al respecto.

Seguidamente se ofrece un extracto de las respuestas de los estudiantes a la primera de las cuestiones planteadas: *¿Es necesario consumir agua de bebida embotellada?*

«Sí, porque es más cómoda, tiene más calidad, aunque sea más cara para mí es mejor» (E01).

«No, porque como hemos visto ambos tienen sus ventajas e inconvenientes, por lo cual, puedes consumir la que tú quieras. Lo importante es hidratarse» (E03).

«No es necesario ya que el agua del grifo está controlada y el agua embotellada también está controlada. Además, ambas son sanas. Las dos tienen ventajas e inconvenientes» (E05).

«En mi opinión no hay necesidad alguna, cada uno elige el agua que quiere beber» (E09).

«No, porque si tú bebes agua del grifo, aunque tiene peor sabor, no es mala, son sanas las dos» (E14).

«No es necesario ya que el agua del grifo y el agua embotellada son iguales, o casi iguales...» (E15).

«No, porque como hemos visto ambas tienen sus ventajas e inconvenientes, por lo cual, puedes consumir la que tú quieras» (E18).

Tras el análisis posterior al desarrollo de la sesión, el profesor comprueba que un porcentaje muy elevado de los estudiantes (84 %) eligió la opción *No*, esto es, que no es necesario el consumo de agua de bebida embotellada (figura 6.115), *a pesar de su mejor sabor*, ya que se considera que el agua del grifo *es igual de buena*, aunque se deja a la decisión particular beber uno u otro tipo de agua *según las necesidades de cada persona*, pues *ambas tienen sus ventajas e inconvenientes*.

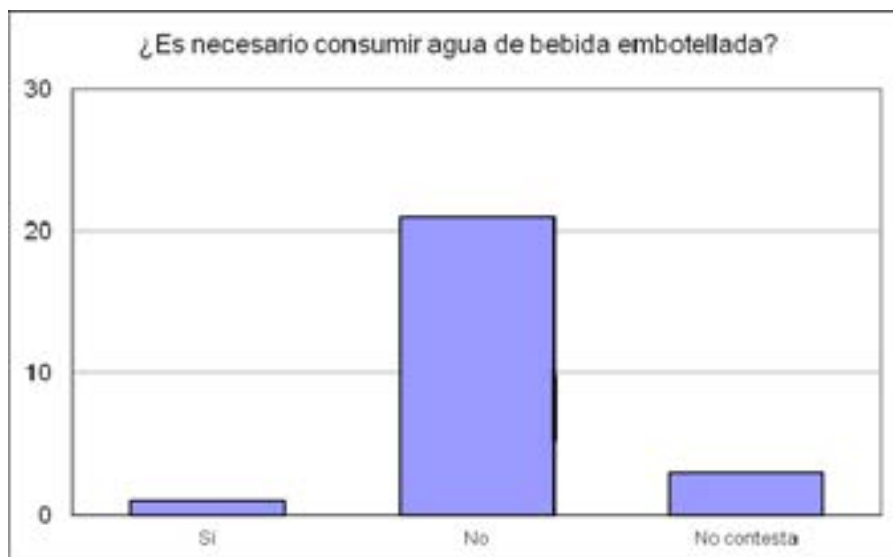


Figura 6.115. Opinión de los estudiantes sobre si es necesario o no consumir agua de bebida embotellada.

Durante el análisis el profesor confirma la situación observada en clase: los estudiantes manejan un escaso número de razones para justificar su elección, aunque son los “motivos de salud” los más citados en las respuestas, en el sentido de considerar ambos tipos de aguas *muy parecidas e igual de sanas*. A modo de ejemplo, se muestra en la figura 6.116 la respuesta a este dilema de E17.

A.7.2. Responde a las preguntas iniciales de la unidad, justificando tus respuestas.
En tu opinión:

a) ¿Es necesario consumir agua de bebida embotellada?

No. Porque al nivel de salud, tanto el agua embotellada como la del grifo contienen una composición química muy similar. Eso sí, ya depende del gusto y las necesidades de cada persona, como el sabor, el precio etc.

Figura 6.116. Respuesta de E17 a la actividad A.7.2, apartado a) (tarea 7).

Respecto a la segunda cuestión *¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?*, algo más del 60 % de los estudiantes concluyó que *No es mejor*, frente a un 16 % que opinó *Depende* y un 8 % que *Sí*, por ser el agua embotellada “superior” (figura 6.117).

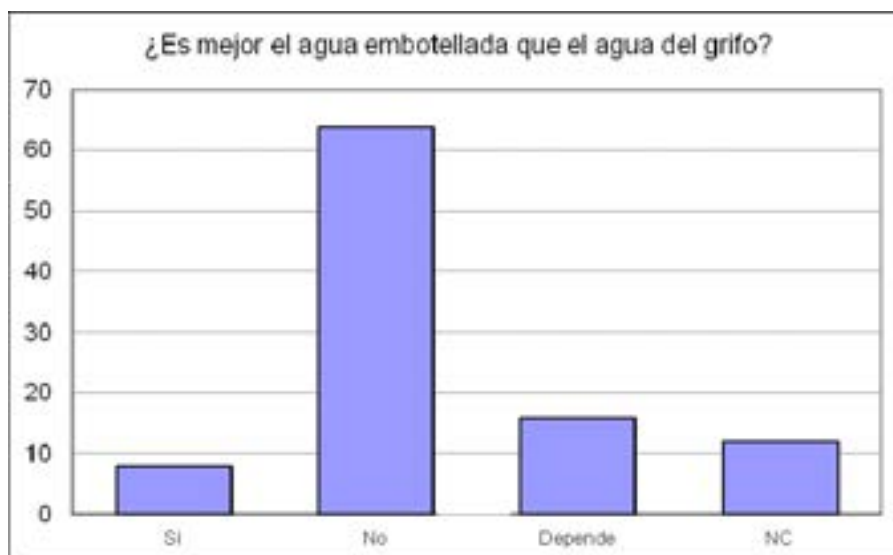


Figura 6.117. Opiniones de los estudiantes: ¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?

Se repite una situación similar a la ya descrita y el profesor vuelve a encontrar en el análisis de los cuadernos de trabajo que, salvo excepciones, la mayoría de los estudiantes manejan un escaso número de razones para justificar sus opiniones. A modo de ejemplo, se indica una selección de respuestas conteniendo distintos puntos de vista sobre si es necesario recurrir al agua embotellada o no:

«No, porque las dos aguas son buenas, aunque tengan sus ventajas e inconvenientes, las dos son buenas para consumirlas, son iguales de sanas» (E01).

«No, porque el agua del grifo está más controlada...» (E08).

«Sí, ya que [el agua embotellada] tiene menos “cal” y no tiene cloro» (E11).

«No, el agua del grifo tiene más ventajas: es más barata, no genera residuos y es segura» (E13).

«Para mí sí, porque tiene menos cal, mejor sabor, tiene más calidad que la del grifo» (E14).

«Ni sí ni no, porque dependiendo del tipo de agua [embotellada] que compres puede ser peor que la del grifo, o mejor. Como he dicho antes, todo depende de la que compres» (E18).

«Para mí es mejor la embotellada porque está más buena» (E19).

«No, porque depende del agua embotellada, cada una es diferente...» (E21).

«Ni sí ni no, ninguna es mejor que otra. Las dos pueden beberse, aunque haya más ventajas en el agua embotellada» (E23).

«Me parece que el agua del grifo es mejor porque contiene menos cal» (E26).

Para finalizar se muestra la respuesta de *E03* por justificar su postura personal ante esta cuestión: en su opinión *tanto una como otra tienen ventajas e inconvenientes*, y la decisión depende de la variable *en que te fijas* y así podrás *consumir mejor unas u otras* (figura 6.118).

b) ¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo? ¿Por qué SÍ o por qué NO?

Tanto el agua del grifo como la embotellada tienen ventajas e inconvenientes, por lo que según la causa consumiremos mejor unas u otras, por ejemplo si te fijas en el precio te será más rentable comprar agua del grifo que la embotellada.

Figura 6.118. Respuesta de E03 a la actividad A.7.2, apartado b) (tarea 7).

Concluida las dos actividades el profesor comenta al grupo que es importante obtener información acerca del desarrollo de la secuencia didáctica desde la perspectiva de los propios estudiantes. Por tal motivo, pide al grupo que invierta los minutos finales de la sesión para completar un cuestionario escrito de valoración.

El profesor presenta y reparte el cuestionario informando que se debe cumplimentar de manera anónima. Ante las protestas de algunos estudiantes “por seguir trabajando”, dedica unos momentos a justificar su necesidad con fines de la investigación, y demanda la colaboración del grupo en esta actividad final para que se complete de la manera más detallada posible.

«Ha habido alguna queja por tener que seguir trabajando, que estaban cansados. Les he recordado que es importante conocer la valoración que hacen de la unidad. A pesar de todo, la mayoría se ha esforzado por seguir mis indicaciones..., aunque tres de ellos se han negado a rellenarlo».

(Diario del profesor observador)

El cuestionario citado, que puede consultarse en el anexo VI de esta memoria de tesis, consta de una serie de ítems en los que se pide al estudiante que valore distintos aspectos de la puesta en práctica y desarrollo de la secuencia. El análisis pormenorizado y comentario de los resultados obtenidos se encuentran desarrollados en el epígrafe 7.3 (véase capítulo VII sobre la valoración de la secuencia didáctica).

Administrado el cuestionario, sin incidencias sobre su contenido, el profesor agradece de forma sincera al grupo el interés mostrado y participación en el desarrollo y puesta en práctica de esta innovación educativa que hoy concluye.

Antes de finalizar la sesión el profesor recuerda que queda pendiente la aplicación de una prueba escrita de evaluación, la cual forma parte de la implementación de la secuencia. Este comentario del profesor levanta las quejas de buena parte del grupo, y en

especial, de los estudiantes más aventajados que manifestaron cierta inquietud sobre su desarrollo.

«Antes de que acabara la clase, les he recordado que tenemos pendiente la prueba de evaluación lo que ha levantado las quejas de muchos de ellos, que me han pedido que no la hagamos, que están cansados. Les he justificado que es necesario, que es importante. He aprovechado para explicar la estructura de la prueba y orientarlos un poco con algunos ejemplos de posibles cuestiones».

(Diario del profesor observador)

El empeño que muestra el profesor sobre la necesidad de esta prueba, y sus aclaraciones y explicaciones al respecto, acaban por “vencer” la resistencia inicial mostrada por los estudiantes. Finalmente, se acuerda realizar la prueba de evaluación escrita el viernes, 15 de junio de 2012. El epígrafe 7.1 (capítulo VII) se dedica al proceso de diseño y elaboración de la citada prueba, así como a su aplicación y análisis exhaustivo de los resultados obtenidos.

Concluimos la descripción de esta última sesión indicando algunos comentarios y valoraciones, por parte del profesor, sobre su desarrollo.

Se debería someter a consideración la posibilidad de ofrecer las cuestiones de la actividad A.7.2 en orden inverso al indicado, esto es, considerar la primera cuestión como una consecuencia de la segunda y no tal como ahora se propone.

En estas actividades de cierre el docente ha evidenciado una notable mejora en la visión que los estudiantes tienen sobre la calidad del agua del grifo, en particular, la referida a su control y vigilancia, e incluso su composición química. Frente a la opinión de un agua del grifo “poco segura” manifestada en los cuestionarios iniciales, ahora un buen porcentaje del grupo opina que está controlada o muy controlada. No obstante, convendría matizar en las actividades donde se trate este aspecto, que tal circunstancia no conlleva que el agua de bebida embotellada sea “menos segura”.

A destacar la persistencia, en un buen número de estudiantes, de la imagen de “sana” asociada al agua embotellada, y lo difícil que resulta combatir este tipo de creencias tan asentadas en la cultura popular.

Para evaluar si existen cambios de opinión sobre este tipo de controversias en los estudiantes, sería adecuado incluir en el cuestionario de ideas previas –o como una actividad más de la secuencia– estos dos mismos interrogantes clave. Se trata de comparar las respuestas “antes y después” y, de esta manera, poder documentar la posible evolución en la opinión de los estudiantes.

En relación al desarrollo de competencias se pone de manifiesto, una vez más, la dificultad que encuentran los estudiantes en presentar opiniones fundamentadas en razones, lo que nos lleva a insistir en la necesidad de implementar un mayor número de este tipo de actividades en el aula.

6.3. ADECUACIÓN DE LA PUESTA EN PRÁCTICA AL DISEÑO DE LA SECUENCIA

En este apartado trataremos de valorar en qué medida la implementación de la SEA en el aula se adecuaba a su diseño, en relación a las condiciones en que fue ensayada. En otras palabras trataremos de contrastar si ha habido importantes discrepancias entre el diseño y la realidad en el aula, con el objeto de realizar la adaptación pertinente mediante el rediseño y reelaboración de la secuencia.

El análisis se ha realizado sobre las dimensiones o elementos del diseño que se consideran seguidamente. Las conclusiones obtenidas se basan en el examen pormenorizado que ha realizado el profesor participante del informe de la puesta en práctica presentado en el epígrafe anterior, así como de los distintos instrumentos de recogida de información que se han utilizado en esta investigación.

En relación a la ejecución de la temporalización

En este apartado haremos referencia a si la secuencia de actividades se ha realizado o no en el periodo de tiempo previsto, es decir al ajuste entre la temporalización real (ejecución real en el aula) y la planificada (temporalización diseñada).

Como se indicó en el capítulo V, para el desarrollo de la secuencia en el aula se previó inicialmente dedicar 11 sesiones de clase. No obstante, el progreso de las primeras clases mostró que tal estimación se mostraba algo ajustada, y las particularidades y dificultades observadas en el desarrollo de la SEA forzaron al profesor a una adaptación de esta temporalización inicial, resultando finalmente un total de 13 sesiones de clase.

De acuerdo con este indicador, no pudo respetarse la temporalización prevista, aunque opinamos que el retraso acumulado no fue excesivo dado el volumen de actividades propuestas. En la figura 6.120 se presenta un cuadro comparativo entre la planificación temporal prevista y la puesta en práctica en el aula.

La exigencia de esta adaptación en la temporalización ha quedado fundamentada en el informe de la puesta en práctica. De esta manera, pudo constatar que algunas de las actividades no lograron realizarse en el plazo previsto, requiriendo de un aumento en el tiempo estimado para su ejecución; en algunos casos, este desajuste tuvo su origen en una previsión inadecuada por parte del profesor del tiempo necesario dada la dificultad de la propia actividad, particularmente focalizada en su demanda competencial, aspecto novedoso para los estudiantes; en otras ocasiones, se observó cierta desidia por parte de los participantes derivada del poco interés que suscitaron algunas de las actividades de la secuencia, lo que se tradujo en una bajada en la “productividad” del grupo. En otros casos, el retraso observado se originó por causas ajenas al propio desarrollo de la puesta en práctica, como los problemas de rendimiento relacionados con el “factor hora”: sesiones en viernes o última hora del periodo lectivo, y que afectaron de manera significativa a la colaboración de los estudiantes.

SESIÓN	DESARROLLO PREVISTO	SESIÓN	DESARROLLO EN EL AULA
Sesión 1	INTRODUCCIÓN	Sesión 1	INTRODUCCIÓN
	TAREA 1		TAREA 1
Sesión 2	TAREA 2 (inicio)	Sesión 2	TAREA 2 (inicio)
Sesión 3	TAREA 2 (fin)	Sesión 3	TAREA 2 (cont.)
Sesión 4	TAREA 3 (inicio)	Sesión 4	TAREA 2 (fin)
Sesión 5	TAREA 3 (fin)		TAREA 3 (inicio)
Sesión 6	TAREA 4 (inicio)	Sesión 5	TAREA 3 (cont.)
Sesión 7	TAREA 4 (fin)	Sesión 6	TAREA 3 (fin)
Sesión 8	TAREA 5		TAREA 4 (inicio)
Sesión 9	TAREA 6 (inicio)	Sesión 7	TAREA 4 (cont.)
Sesión 10	TAREA 6 (fin)		TAREA 5 (inicio)
Sesión 11	TAREA 7	Sesión 8	TAREA 5 (cont.)
		Sesión 9	TAREA 5 (fin)
		Sesión 10	TAREA 6 (inicio)
		Sesión 11	TAREA 6 (cont.)
		Sesión 12	TAREA 6 (fin)
		Sesión 13	TAREA 7

Tabla 6.12. Temporalización prevista y real de la SEA.

Por el contrario, el citado informe muestra que otras actividades se realizaron en un tiempo inferior al previsto al presentar escasa dificultad para los estudiantes. Además, se ha registrado cómo, en la medida de lo posible, el profesor participante tomó decisiones en la gestión de varias actividades en relación a disminuir el tiempo necesario para su realización. Este “equilibrio” hizo que el retraso acumulado durante la implementación no fuera excesivo respecto de la planificación prevista tal como se ha puesto de manifiesto anteriormente.

Para cerrar este apartado indicar que en la planificación inicial no se previó ninguna de las contingencias que después aparecieron en el periodo de implementación. Nos estamos refiriendo a huelgas de estudiantes, días festivos o participación en actividades complementarias (en este caso viaje educativo al parque de las ciencias de Granada), que obligaron a dilatar el periodo de puesta en práctica hasta la primera semana del mes de junio, época de exámenes para los estudiantes, lo que afectó de manera importante al desarrollo de las sesiones finales. Si bien, la convocatoria de huelga de estudiantes no

podía de ninguna manera preverse, sí podía haberse tenido en cuenta los otros dos factores indicados, pues aparecían reflejados en la correspondiente planificación general del curso escolar, debiendo asumir el autor su responsabilidad en este caso.

En relación a la estructura y elementos de la secuencia

La finalidad de la secuencia didáctica se explicita de manera clara en la introducción a la misma: analizar la disyuntiva entre consumir agua de bebida envasada o del grifo. Así, se plantea el análisis de un problema que se aborda desde un tema cotidiano para el estudiante, el cual sirve de guía para su desarrollo, un tema de interés de acuerdo con los estudios previos realizados. De la misma manera, los objetivos didácticos se encuentran claramente especificados en la secuencia y aparecen formulados en términos del desarrollo de competencias.

Tal como se presentó el cuaderno de trabajo la estructura de la secuencia también se hizo explícita para los estudiantes con tareas y actividades para las fases de introducción, desarrollo y síntesis, muchas de las cuales recogían y concretaban los objetivos didácticos especificados.

El análisis del informe de la puesta en práctica parece indicar que la secuenciación de los contenidos (orden, presentación, distribución y jerarquización de los contenidos) mostró, en su conjunto, una adecuada coherencia interna no requiriéndose de contenidos extras o imprevistos durante el desarrollo de la secuencia.

De la misma manera, los contenidos seleccionados se presentaron, acordes al nivel cognitivo de los estudiantes, aunque quizá el tratamiento sobre mezclas y métodos de separación debería de haberse abordado con un poco más de rigor científico, como evidenció el profesor participante en el informe de las sesiones 2 y 3. A este respecto, debemos recordar que la intención del autor no era tanto “enseñar” química como mostrar que el conocimiento químico puede ayudar al estudiante a entender mejor el contexto del agua de bebida. Asumiendo esta perspectiva de partida, debemos considerar que los contenidos presentados se mostraron adecuados y funcionales en relación con los objetivos didácticos de las actividades planteadas.

Durante el desarrollo de la secuencia se utilizaron la práctica totalidad de los recursos materiales programados. Sin embargo, se registraron algunos problemas técnicos con los equipos informáticos lo que nos privó, salvo momentos puntuales, de poder manejar la secuencia en formato web tal como estaba inicialmente previsto, limitándonos al uso del formato clásico de cuadernillo de trabajo.

En relación a la realización y adecuación de las actividades diseñadas

En este apartado haremos referencia al número de actividades realizadas y algunas consideraciones sobre su adecuación a los objetivos planteados. Los estudiantes participantes llevaron a la práctica todas y cada una de las actividades planificadas en la secuencia. Al respecto, no se mostró necesario incluir nuevas actividades.

En este mismo orden de cosas, las actividades complementarias incluidas en la secuencia no se completaron por decisión del profesor. Nos referimos a una serie de actividades de ampliación y profundización, al término de cada tarea, para las que el docente, de acuerdo al ajuste en la temporalización antes citado, decidió su supresión con el objeto de “ganar tiempo”, de no dilatar el desarrollo de la secuencia, y de esta manera evitar alterar de manera importante la planificación departamental prevista para el tercer trimestre de la materia de Física y Química en este grupo de estudiantes.

Debemos indicar que las actividades trabajadas en el aula se presentaron de acuerdo a su diseño original, no requiriéndose de cambios o modificaciones importantes durante su implementación.

De la misma forma, la mayoría de las actividades se realizaron de acuerdo con la estrategia didáctica prevista, aunque sí se introdujeron modificaciones de “última hora” en algunas actividades en relación al tiempo de ejecución previsto –según lo indicado en el epígrafe anterior–, o en relación a la metodología sugerida para su desarrollo. Así, y a petición de los estudiantes, varias de las actividades planteadas se trabajaron en gran grupo frente a la sugerencia metodológica indicada en la planificación previa de trabajar individualmente. El análisis de la puesta en práctica reveló que esta decisión pudo constituir un error, al obtenerse en estos casos respuestas grupales (la misma para todos los estudiantes), lo que nos privó de conocer las respuestas particulares de los estudiantes a tales actividades y perdiéndose de esta forma información de interés sobre el desarrollo de la secuencia.

Como cierre de este epígrafe debemos concluir que la SEA se llevó a la práctica tal y como se diseñó, es decir, la secuencia se ha podido implementar sin apenas modificaciones respecto del diseño original. Asumiendo que la secuencia ensayada es susceptible de mejora, la planificación prevista se ha mostrado adecuada para su posible desarrollo en el aula, y en el contexto de la implementación no se han encontrado incidentes de mención, o dificultades sobrevenidas que puedan relacionarse con un deficiente o inadecuado diseño, tal como parece deducirse del análisis del informe de la puesta en práctica. No obstante, en algunos aspectos se produjo una cierta “separación” de este diseño original, como la adecuación al tiempo que no pudo ajustarse a la prevista, tal como acabamos de justificar.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

CAPÍTULO 7

VALORACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

- 7.1. La prueba de evaluación escrita. Diseño, elaboración y análisis.**
- 7.2. Valoración de la experiencia por parte de los estudiantes.**
- 7.3. Valoración de la experiencia por parte del profesor participante.**



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Con el presente capítulo concluye la presentación del estudio principal, núcleo de esta tesis. En este capítulo abordaremos la valoración, desde distintas perspectivas, de la secuencia didáctica diseñada (capítulo V) e implementada (capítulo VI). En la misma medida, trataremos abordar la última de las preguntas planteadas en esta investigación, que recordamos seguidamente: **¿Es adecuada la secuencia didáctica para la finalidad prevista? (Pregunta D).**

En el capítulo VI hemos descrito pormenorizadamente el desarrollo en el aula de la SEA sobre el consumo de agua de bebida embotellada, mediante la elaboración de un exhaustivo informe de su puesta en práctica. Se trata ahora de realizar un segundo nivel de análisis partiendo de este informe y de los instrumentos de primer orden para la recogida de datos utilizados en la investigación (diario del profesor, cuadernos de trabajo de los estudiantes, prueba de evaluación y cuestionario de valoración de la experiencia por parte de los estudiantes –véase capítulo III–), al objeto de proponer los correspondiente ajustes del diseño instruccional elaborado. Bajo la metodología de las investigaciones basadas en el diseño que se maneja en este estudio, interesa conocer qué ha funcionado, qué no, por qué, dónde ha habido avances, qué mejorar, qué reformular, cambiar e incluso eliminar; de la misma manera, se trata de identificar cuáles de estos aspectos tienen que ver con el diseño de la secuencia y cuáles con la puesta práctica (Cobb *et al.*, 2003; DBRC, 2003).

Para mostrar los distintos tipos de análisis efectuados el capítulo se estructura en tres apartados. En el primero presentaremos la prueba de evaluación escrita, su diseño, elaboración y el análisis de los resultados obtenidos en términos del grado de desempeño de competencias por parte de los estudiantes, prestando especial atención a vincular estos resultados con el tipo de enseñanza realizada.

En el segundo apartado se presentan los resultados de la valoración de la secuencia desde la perspectiva de los estudiantes, en relación a aspectos tales como su desarrollo en el aula, el interés del tema propuesto o la percepción del aprendizaje realizado. Finalmente, en el tercer apartado se muestra la valoración que realiza el profesor participante de la puesta en práctica de la secuencia, con referencia a los resultados y conclusiones obtenidos en los estudios anteriores.

7.1. LA PRUEBA DE EVALUACIÓN ESCRITA. DISEÑO, DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS

De acuerdo con la finalidad de esta investigación resulta de interés valorar en qué medida la SEA diseñada ha ayudado o ha favorecido el desempeño de competencias científicas por parte de los estudiantes. Desde esta premisa, se ha procedido a planificar y diseñar una prueba escrita de evaluación, contextualizada en torno al agua de bebida, con el propósito de comprobar en qué medida los estudiantes comprenden los contenidos trabajados en el aula y los aplican a situaciones o problemas concretos de su entorno académico y cotidiano, o en otras palabras cómo explican, interpretan, identifican, argumentan problemas del contexto planteado.

Como se adelantó en el marco metodológico de esta investigación (capítulo III), pretendemos que esta prueba de evaluación constituya un importante instrumento para analizar en qué medida la secuencia didáctica diseñada y puesta en práctica ha proporcionado oportunidades a los estudiantes (Harlen, 1999) para poner en práctica sus competencias científicas.

En esta investigación la prueba se ha utilizado como un instrumento de evaluación de la propia SEA, más que como instrumento para la valoración del grado de desarrollo de competencias o de los aprendizajes de los estudiantes, aunque no se traten de procesos incompatibles (Sanmartí, 2007, 2011). Estos últimos aspectos hubiesen requerido llevar a cabo una exploración o evaluación inicial de los estudiantes, por ejemplo, a través de la aplicación de pretest/postest. Igualmente, se entiende que el desarrollo de competencias por parte de los estudiantes requiere práctica y tiempo (Pérez Gómez, 2007; Zabala y Arnau, 2007), sobre todo si los participantes, como sucede en esta investigación, no estaban habituados a este enfoque tanto por el trabajo basado en competencias como el estudio de problemas y situaciones de la vida diaria.

En los epígrafes siguientes se presentan de manera detallada la planificación y desarrollo de esta prueba escrita, la descripción de las diferentes tareas de evaluación propuestas, y finalmente, el análisis de los resultados obtenidos tras su aplicación en el aula.

7.1.1. Diseño y elaboración de la prueba de evaluación escrita

Una primera versión de esta prueba de evaluación se diseña y aplica en los estudios preliminares, tal como se ha presentado en el capítulo IV. Del análisis de los resultados obtenidos, junto con los cambios realizados en el diseño de la versión final de la secuencia, se derivan importantes implicaciones que nos llevan a plantear la prueba de evaluación definitiva que se incluye en el estudio principal.

El proceso de planificación de la prueba, así como su planteamiento y elaboración puede ordenarse de acuerdo a las etapas que se indican seguidamente, y que pasamos a describir:

- a) Determinación de los criterios para el diseño de la prueba.
- b) Selección del contenido.
- c) Diseño de las tareas de evaluación y descripción competencial.
- d) Organización y estructura final de la prueba.

7.1.1.1. Criterios para el diseño de la prueba

A continuación se desarrollan los criterios que se han utilizado para el diseño y selección del contenido de la prueba de evaluación. Algunos de estos criterios abordan aspectos generales a contemplar en cualquier prueba de evaluación (respecto a su contenido y forma), otros son específicos para la evaluación de competencias y, finalmente, se atiende también a variables contextuales del grupo de estudiantes a la que va destinada esta prueba:

- a) *Relación con los objetivos, contenidos y criterios de evaluación.* Las tareas de la prueba deben ser coherentes con los objetivos didácticos planteados en la secuencia, con el nivel de desarrollo de los contenidos abordados y los criterios para su evaluación (De la Orden, 2011; Márquez y Sardá, 2009). En este caso, la prueba atiende a los tres primeros criterios de evaluación (a, b y c – véase tabla 5.9 en capítulo V), ya que se considera que son los que se pueden evaluar con una prueba escrita como la que aquí se presenta.
- b) *Contemplar de manera equilibrada las competencias científicas seleccionadas.* En coherencia con el propósito de la SEA, las tareas de evaluación deben abordar, de forma equilibrada, las tres competencias científicas establecidas por PISA en ciencias: explicar fenómenos científicos, identificar cuestiones científicas y utilizar pruebas (OCDE, 2006a; 2006b).
- c) *Utilización de ideas-clave.* Se procuró que las tareas de evaluación exigieran de los estudiantes la aplicación de las ideas fundamentales desarrolladas a lo largo de la secuencia.
- d) *Utilización de contextos y situaciones relacionados con todos los bloques de contenidos abordados en la unidad didáctica.* Para aumentar la representatividad de la prueba las tareas de evaluación deben ofrecer variedad de situaciones, académicas o cotidianas donde aplicar los contenidos más relevantes desarrollados en el aula, tratando de evitar los aspectos más obvios para constituir un reto a los conocimientos científicos adquiridos por los alumnos (Bolívar, 2010).
- e) *Grado de novedad y complejidad de los contextos y/o situaciones de las tareas de evaluación con respecto a los utilizados en la secuencia didáctica.* Dentro del contexto general del consumo de agua de bebida (del grifo o embotellada), las tareas de evaluación deben presentar situaciones de desempeño parecidas a las

de enseñanza, así como otras situaciones más novedosas para los alumnos, no específicamente trabajadas en el aula, pues se trata no solo de realizar tareas concretas sino de utilizar los saberes aprendidos en muy diversos problemas (Sanmartí, 2009).

- f) *Grado de familiaridad del alumnado con el tipo de tareas incluidas en la prueba.* Dado que esta prueba se ha elaborado en el seno de un estudio de caso particular, se consideró importante contemplar como criterio adicional el grado de familiaridad del alumnado con el formato de la prueba, pues era la primera vez que se trabajaba con el grupo con este tipo de metodología. Por tanto, se procuró que no todas las tareas de evaluación, en su redacción y en su extensión, supusiesen actividades totalmente novedosas para ellos, optándose por una combinación de cuestiones más novedosas en cuanto a su contenido con otras que ofrecían situaciones de desempeño más cercanas a las planteadas en clase.
- g) *Adecuación al tiempo.* Se cuidó que la prueba en su conjunto no fuese excesivamente larga y que pudiese ser realizada por el alumnado que presentaba más dificultades en una sesión de clase de 60 minutos.

7.1.1.2. Los contenidos de la prueba de evaluación

La siguiente etapa del diseño consistió en la selección del contenido específico de la prueba. De manera práctica se concretó la prueba de evaluación en los siguientes contenidos de ciencia y aspectos del contexto, por considerarlos especialmente significativos en el conjunto de la secuencia didáctica: concepto y composición de una disolución, manejo de modelos científicos para explicar las disoluciones, aspectos relacionados con la composición química del agua embotellada y problemas asociados con su consumo. De forma más pormenorizada se presenta esta misma información en la tabla 7.1.

SOBRE ASPECTOS QUÍMICOS	SOBRE EL CONTEXTO
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocimiento y manejo del concepto de disolución. ▪ Utilización de modelos científicos para explicar el “acto de disolver”. ▪ Composición de una disolución y formas de expresión. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Composición del agua de bebida embotellada: <ul style="list-style-type: none"> – Análisis del concepto de pureza. – Presencia de “cal”. – Efectos saludables. – Aspectos investigables desde la ciencia. ▪ Problemas relacionados con el consumo de agua de bebida embotellada.

Tabla 7.1. Contenidos fundamentales de la prueba escrita de evaluación.

Para decidir qué cuestiones se presentarían a los estudiantes y qué actividades se debían diseñar para su evaluación se comenzó planteando un borrador de posibles preguntas que concretaban aspectos considerados especialmente importantes en el desarrollo de la

secuencia (criterio c). Tras un detallado análisis, por su representatividad y relevancia, y de acuerdo con el tiempo destinado a la prueba (criterio g), quedaron finalmente formulados los nueve interrogantes que se muestran en la primera columna de la tabla 7.2, con idea de abordar con tres interrogantes cada una de las competencias científicas objeto de evaluación (criterios b y d).

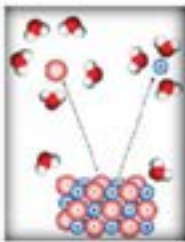
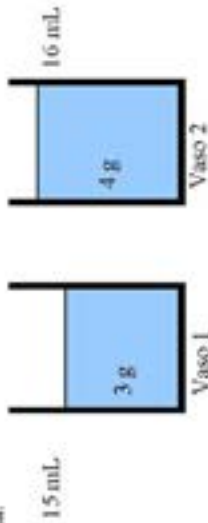

7.1.1.3. El diseño de las tareas de evaluación y su descripción competencial

Elegidos los interrogantes organizadores de la prueba se procedió a diseñar y redactar la correspondiente tarea de evaluación (véase segunda columna de la tabla 7.2). Durante esta fase se prestó especial atención a la finalidad de cada tarea y a la forma en que debían plantearse y construirse los enunciados de las mismas, para que expresasen de forma clara y directa, en un lenguaje sencillo y fácilmente comprensible, aunque con el rigor necesario, su contenido y lo que demandaban del estudiante. Para facilitar la comprensión de algunas de las tareas de la prueba, y captar la atención de los estudiantes se hizo uso de imágenes en color y tablas.

Además, se procuró que su presentación o formato fueran diferentes de las actividades trabajadas en el aula, con un mayor énfasis en la demanda competencial, aunque como se indicó más arriba, se evitó diseñar una prueba radicalmente diferente a las que habitualmente realizaban los estudiantes con una enseñanza más tradicional (criterio f). Se cuidó especialmente que cada una de las cuestiones de la prueba pusiera de manifiesto diferentes niveles de dominio en el uso de las distintas habilidades y procedimientos implícitos en el desempeño de competencias científicas.


De la misma manera, se procuró que cada una de las tareas de evaluación pudiera vincularse, en la medida de lo posible, a sólo una de las competencias científicas recogidas por PISA, tal como se recoge en la tercera columna de la tabla 7.2, aunque debemos asumir que la vinculación competencial no se trata de un proceso sencillo ni unívoco en muchos casos. Por tal motivo, la consistencia y adecuación del contenido de cada ítem, así como su “clasificación” competencial, fueron también concretadas, a escala cualitativa, a través de otros docentes especialistas, que en calidad de expertos, juzgaron críticamente los enunciados permitiendo realizar los ajustes necesarios antes de ofrecer al estudiante la versión final de la prueba.

En nuestra opinión, las cuestiones presentadas son suficientemente variadas y coherentes con la secuencia de actividades desarrollada. Se ha procurado que exista un cierto equilibrio en la elección de los ítems en cuanto a su peso competencial, así como al contenido evaluado y a las distintas actividades y tareas de la secuencia directamente relacionadas.

INTERROGANTES RELEVANTES	TAREAS DE LA PRUEBA DE EVALUACIÓN	ANÁLISIS COMPETENCIAL ^(*)	CONTENIDO DEL ÍTEM	BLOQUES DE CONTENIDO
¿Crees que el agua del grifo es una disolución?	1.- Explica por qué, químicamente hablando, el agua del grifo se considera una disolución. Indica todas las razones que se te ocurran para completar tu explicación.	E1. Aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada.	Características y atributos básicos de una disolución.	El agua de bebida como sistema material.
El agua embotellada contiene sales. ¿Cómo podemos explicar que las sales se disuelvan en el agua?	2.- En el siguiente diagrama se presenta de forma gráfica un modelo de partículas para explicar cómo se disuelve un cristal de sal común en agua. Utiliza este modelo para describir detalladamente cómo ocurre el proceso de disolución. 	E2. Describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios.	El proceso de disolución (modelo de interacción entre partículas).	El agua de bebida como sistema material.
¿Cómo pueden los científicos explicar algo que no ven?	3.- En la cuestión anterior se utiliza un modelo de partículas para explicar cómo se disuelve la sal común en el agua. a) ¿Qué es un modelo científico? b) ¿Para qué se utilizan los modelos en Química?	I3. Reconocer los rasgos clave de la investigación científica.	Uso de modelos científicos.	El agua de bebida como sistema material.
El vaso con agua que contiene más azúcar, ¿es siempre el vaso que está "más dulce"?	4.- Se han preparado dos vasos con disoluciones de azúcar en agua. Con los datos que se indican justifica qué vaso está "más dulce". Justifica tu respuesta. 	E1. Aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada.	Composición cuantitativa de una disolución.	El agua de bebida como sistema material.
¿Es "pura" el agua embotellada?	5.- Se presenta una etiqueta encontrada en una botella de una marca de agua embotellada (parte anterior y posterior). Léela con atención:  ¿Crees tú que esta agua de la botella es "agua pura, verdaderamente pura" como pone en la etiqueta? Justifica tu respuesta a partir de la información (términos o datos) que aparece en la etiqueta.	U1. Interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones.	Sustancias y mezclas Composición del agua embotellada.	Comparación entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo.


(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (GCDE, 2006b). Véase tabla 5.1.

Tabla 7.2. Prueba de evaluación escrita.

INTERROGANTES RELEVANTES	TAREAS DE LA PRUEBA DE EVALUACIÓN	ANÁLISIS COMPETENCIAL ^(*)	CONTENIDO DEL ÍTEM	BLOQUES DE CONTENIDO
¿Es muy distinta el agua embotellada del agua del grifo?	6.- Argumenta la veracidad o falsedad de la siguiente afirmación: "El agua embotellada no tiene cal. Sólo el agua del grifo tiene cal". Indica todas las razones que puedas para completar tu respuesta.	U2. Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones.	Composición del agua embotellada.	Análisis razones para consumir agua embotellada.
Repercusiones del consumo de agua embotellada: ¿hay alguna relación entre beber agua embotellada y el gasto de energía?	<p>7.- Lee el texto siguiente con atención y responde a la pregunta planteada.</p>  <p>UN LASO DE AGUA⁽¹⁾</p> <p><i>El consumo de agua embotellada ha crecido incluso en lugares donde el agua del grifo es de calidad. En el año 2004 en todo el mundo se bebieron unos 154.000 millones de litros de agua embotellada, un 57 % más que cinco años antes. El agua embotellada se extrae de manantiales y, frecuentemente, se envía a miles de kilómetros para su venta. Ese tráfico produce contaminación atmosférica por el uso de combustibles fósiles en el transporte. Por otro lado, la mayoría de las botellas están hechas de un tipo de plástico. Para fabricar este plástico se utiliza petróleo. Cada año se necesitan en todo el planeta 2,7 millones de toneladas de ese plástico para embotellar agua.</i></p> <p><i>Por último, una vez consumida el agua, la mayor parte de los envases terminan en la basura. Sólo se recicla un 20 %. Una de esas botellas abandonada en la naturaleza puede tardar hasta 1.000 años en degradarse y desaparecer por completo.</i></p> <p>¿Cuál de los siguientes problemas resumiría de forma más completa lo que se trata en el texto anterior?</p> <p>A. Transportar agua es muy caro. B. Es muy difícil reciclar las botellas de plástico. C. Consumir agua embotellada aumenta el gasto de energía. D. Los manantiales pueden secarse por el gran consumo de agua embotellada.</p> <p>Justifica tu respuesta.</p> <p>⁽¹⁾ Tomada de las Pruebas de Evaluación Diagnóstica para 2º ESO del País Vasco (Departamento de Educación, 2009).</p>	<p>U2. Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones.</p> <p>U3. Reconocer los rasgos clave de la investigación científica.</p>	<p>Problemas asociados al consumo de agua embotellada.</p>	<p>Análisis razones para consumir agua embotellada.</p>

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006b). Véase tabla 5.1.

Tabla 7.2. Prueba de evaluación escrita (continuación).

INTERROGANTES RELEVANTES	TAREAS DE LA PRUEBA DE EVALUACIÓN	ANÁLISIS COMPETENCIAL(*)	CONTENIDO DEL ÍTEM	BLOQUES DE CONTENIDO				
¿Estarías mejor si bebes agua embotellada en lugar de agua del grifo? ¿Es siempre mejor el agua embotellada?	<p>8.- Fíjate en el siguiente anuncio publicitario y léelo detenidamente;</p>  <p>Contesta a la siguiente pregunta: ¿"Te renovarías igualmente" si en vez de beber "agua pura de alta montaña" beberas "agua del grifo"? Explica tu respuesta.</p>	U2. Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones.	Diferencias entre el agua embotellada y el agua del grifo. Composición del agua embotellada.	Comparación entre el agua embotellada y el agua del grifo.				
¿Qué afirmaciones o creencias sobre el agua embotellada podrían estudiarse científicamente?	<p>9.- A continuación, se indica una serie de afirmaciones relacionadas con el agua embotellada:</p> <table border="1"><tr><td>a) Tiene menos cal b) Es más sana c) La tomo por el precio d) Tiene mejor sabor e) La tomo por comodidad</td><td>f) Tiene más sales minerales g) Es más pura h) Tiene más calidad i) Me gusta más j) La tomo por los anuncios</td></tr></table> <p>Clasifica las anteriores afirmaciones en una de las dos columnas siguientes:</p> <table border="1"><tr><td>SI pueden ser investigadas científicamente</td><td>NO pueden ser investigadas científicamente</td></tr></table> <p>Justifica tu respuesta.</p>	a) Tiene menos cal b) Es más sana c) La tomo por el precio d) Tiene mejor sabor e) La tomo por comodidad	f) Tiene más sales minerales g) Es más pura h) Tiene más calidad i) Me gusta más j) La tomo por los anuncios	SI pueden ser investigadas científicamente	NO pueden ser investigadas científicamente	II. Reconocer cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente.	Creencias y opiniones sobre el agua embotellada. Composición del agua embotellada/del grifo.	Análisis de razones para consumir agua embotellada.
a) Tiene menos cal b) Es más sana c) La tomo por el precio d) Tiene mejor sabor e) La tomo por comodidad	f) Tiene más sales minerales g) Es más pura h) Tiene más calidad i) Me gusta más j) La tomo por los anuncios							
SI pueden ser investigadas científicamente	NO pueden ser investigadas científicamente							

(*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006b). Véase tabla 3.1.

Tabla 7.2. Prueba de evaluación escrita (continuación).

Como puede observarse en la tabla 7.2, la prueba contiene referencias a contenidos curriculares que forman parte la materia de Física y Química de 3º ESO, en especial relacionados con el aprendizaje de las disoluciones y que, desde nuestro punto de vista, se consideran necesarios para poder interpretar y fundamentar distintos aspectos relacionados con la “cultura del agua embotellada”.

Además, se implementaron varias cuestiones que hacían mención explícita a aspectos sobre los que existen actualmente cierta controversia social, y que pueden requerir la toma de decisiones fundamentadas al respecto (Díaz y Jiménez-Liso, 2012; España y Prieto, 2010; Royte, 2008). Citamos como ejemplo, los problemas asociados al consumo de agua embotellada, los efectos sobre la salud del consumidor o las distintas creencias asociadas con el consumo.

7.1.1.4. Organización y estructura final de la prueba escrita

Para finalizar con el proceso de elaboración de la prueba escrita se procedió a planificar y secuenciar el orden en que debían presentarse al estudiante las preguntas o demandas, cuidándose de que no quedaran agrupadas por el tipo de competencia objeto de evaluación. La prueba se estructuró siguiendo una lógica basada fundamentalmente en el grado de familiaridad/novedad del contenido de las tareas (criterio f), así como en el grado de complejidad de las situaciones planteadas (criterio e).

Así, con objeto de aumentar la confianza de los estudiantes hacia el desarrollo de la prueba, se presentaron en primer lugar aquellas tareas con un contenido más cercano a las situaciones de enseñanza planteadas en el aula; de esta manera, y como se mostró en el desarrollo de la sesión 13 (capítulo VI), se trataba de “tranquilizar” a un buen número de estudiantes que manifestó cierta preocupación por su rendimiento en la prueba.

Finalmente, y de acuerdo al proceso indicado, la prueba de evaluación se presentó a los estudiantes con la estructura final que se contempla en la tabla 7.2, de forma que cada una de las nueve tareas de evaluación propuestas representara la concreción de una cuestión relevante de la secuencia didáctica, a la vez que se relacionaba, en la medida de los posible, con una de las competencias científicas consideradas.

7.1.2. Descripción de las tareas de evaluación

En este epígrafe presentaremos una descripción pormenorizada de cada una de las tareas de evaluación propuestas en la prueba escrita. Presentaremos las nueve tareas de evaluación agrupadas en tres bloques (bloque E, bloque I y bloque U), según se indica en la tabla 7.3.

COMPETENCIAS CIENTÍFICAS	TAREAS DE EVALUACIÓN
Explicación de fenómenos científicos (Bloque E)	Núm. 1
	Núm. 2
	Núm. 4
Identificación de cuestiones científicas (Bloque I)	Núm. 3
	Núm. 7
	Núm. 9
Utilización de pruebas científicas (Bloque U)	Núm. 5
	Núm. 6
	Núm. 8

Tabla 7.3. Tareas de evaluación agrupadas por competencias científicas.

7.1.2.1. Descripción de las tareas de evaluación del bloque E

Este primer bloque de la prueba se organiza en torno a los procesos de *explicación de fenómenos científicos*. Para la valoración de esta capacidad en los estudiantes PISA en ciencias propone que las tareas de evaluación se relacionen con los tres procesos básicos que se citan seguidamente (OCDE, 2006; 2009; 2012):

- E1. Aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada.
- E2. Describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios.
- E3. Identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas.

De forma operativa la explicación científica de los fenómenos supone comprender y utilizar los conceptos científicos apropiados, saber describir y explicar fenómenos, identificando el uso de modelos explicativos, así como predecir cambios y además ser capaces de aplicar los conocimientos adquiridos a la explicación de situaciones concretas (Cañas y Niedo, 2011).

Seguidamente se presentan las tres tareas que se incluyen en este bloque de la prueba de evaluación, así como su vinculación con esta competencia científica.

Tarea de evaluación núm. 1

Como se indica más arriba (criterio g), se opta por comenzar la prueba escrita de evaluación con una cuestión “poco novedosa” en cuanto a la enseñanza de la química, y similar a otras cuestiones trabajadas en el aula con objeto de aumentar la confianza del grupo hacia el desarrollo de la prueba.

El contenido de esta primera cuestión se relaciona con el bloque de la secuencia didáctica denominado *El agua de bebida como sistema material*, y más concretamente con el estudio de las disoluciones desde el punto de vista químico. Desde el punto de vista competencial debemos vincular esta cuestión con la capacidad del estudiante para *apli-*

car el conocimiento de la ciencia a una situación determinada, pues demanda del estudiante que aplique los conocimientos de química aprendidos en la unidad para describir y explicar de una manera razonable y desde una orientación científica una situación particular de un contexto cotidiano, como es el del consumo de agua de bebida.

Más concretamente, el estudiante debe analizar el “agua del grifo” como sistema material observable desde el punto de vista de la química. A tal fin se le informa de que “el agua del grifo es una disolución” y debe utilizar los atributos y características básicas de las disoluciones para explicar por qué lo es

En este caso partimos de un hecho ya conocido y descrito mediante un enunciado verdadero, de manera que a través de la explicación científica, el estudiante debe intentar dar las razones por las que este hecho se ha producido o por las que esa situación es así y no de otra manera (Concari, 2001). De esta forma se pretende que el estudiante construya una explicación científica coherente con la premisa indicada en el enunciado, y hacerlo de la forma más clara e inteligible posible, la cual, a su vez, constituye la respuesta a la situación–problema planteado (figura 7.1).

1.- Explica por qué, químicamente hablando, el agua del grifo se considera una disolución. Indica todas las razones que se te ocurran para completar tu explicación.



Figura 7.1. Tarea de evaluación 1 (bloque E).

Tarea de evaluación núm. 2

Esta segunda cuestión de la prueba demanda del estudiante que describa el “acto de disolver”, esto es, la interpretación microscópica del proceso de disolución. La descripción de este proceso conlleva necesariamente la utilización de un modelo científico escolar, entendido aquí como un instrumento “para responder a preguntas científicas”, una herramienta capaz de ayudar a los estudiantes a describir e interpretar con coherencia determinados fenómenos tanto de la vida cotidiana como escolar (Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2002).

Los modelos científicos escolares (o curriculares) son reconstrucciones de los modelos científicos prescritos en los currículos de enseñanza para ser enseñados en el aula mediante su adecuada transposición didáctica (Chamizo, 2010). Deben entenderse como simplificaciones de modelos científicos más complejos con la finalidad de representar de manera lo más sencilla posible, y por tanto aproximada, aquellas ideas que los científicos manejan para describir por qué algo ocurre o cómo ocurre (Caamaño, 2012; Justi, 2006, 2011).

Entre las distintas dimensiones identificadas con el uso de modelos científicos por parte de los estudiantes destaca la “dimensión explicativa”, según la cual los modelos ayudan a los estudiantes a entender una idea. Desde esta consideración los modelos científicos escolares se utilizan como construcciones (representaciones) imaginarias posibles que nos permiten “ver” el fenómeno o proceso considerado, en muchos casos imposibles de observar de manera directa, representaciones que proporcionan una explicación visual que ayuda a los estudiantes a relacionar lo conocido y lo desconocido (Treagust *et al.*, 2002). La facultad de pensar en términos de modelos, la aplicación de modelos científicos para analizar y comprender una situación o la explicación científica de fenómenos en base a modelos teóricos son destrezas científicas requeridas en el desarrollo de competencias científicas en el aula (OCDE, 2009).

Desde esta perspectiva, se trata en este ítem de elaborar una “explicación descriptiva” en la que el estudiante aplique los conceptos básicos de un simple y sencillo modelo basado en la interacción entre partículas para interpretar por qué la sal común llega a disolverse en agua y relacionar las variables que influyen en tal proceso. Para ello el modelo presentado incluye el apoyo visual que ayude al estudiante en la descripción del proceso (figura 7.2).

2.- En el siguiente diagrama se presenta de forma gráfica un modelo de partículas para explicar cómo se disuelve un cristal de sal común en agua. Utiliza este modelo para describir detalladamente cómo ocurre el proceso de disolución.

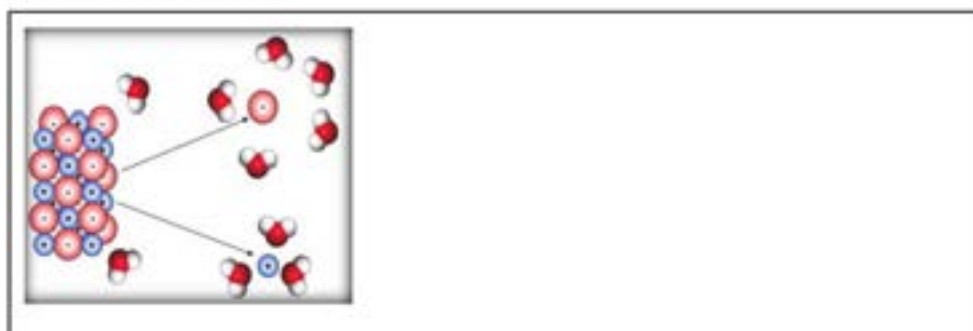


Figura 7.2. Tarea de evaluación 2 (bloque E).

En cuanto a su demanda competencial debemos vincular esta tarea con la capacidad del estudiante para *describir y explicar fenómenos científicamente*. El ítem se encuadra en el bloque del *Agua de bebida como sistema material*, y se relaciona con distintas actividades de la segunda parte de la tarea 3, *¿Dónde está la sal?*, y en la cuales el estudiante tuvo la oportunidad de emplear los aspectos básicos de este modelo interactivo entre partículas para explicar las disoluciones; por tanto, asumimos que no se trata de una cuestión novedosa para el estudiante, aunque tampoco se trata de una actividad meramente reproductiva de las trabajadas en el aula, al presentar una redacción que enfatiza la “parte competencial” de la misma (en el sentido de describir y explicar fenómenos científicamente y el uso de modelos explicativos).

Tarea de evaluación núm. 4

La composición química de una disolución y el conocimiento de las magnitudes necesarias para su cuantificación aparecen en el contenido de este ítem, que se corresponde con la “parte química” abordada en el bloque *El agua de bebida como sistema material*.

Desde el punto de vista de su demanda competencial la cuestión que ahora se plantea, podría catalogarse de distintas formas. Partiendo de que el proceso científico predominante en la respuesta es el de *demostrar la comprensión de conceptos científicos en determinadas situaciones*, hemos optado por vincular esta cuestión con el fomento de la competencia de *explicación científica de los fenómenos*, y más en concreto, con la capacidad del estudiante de *aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada*; no obstante, también se demandaba de los estudiantes elaborar una conclusión basada en los cálculos realizados.

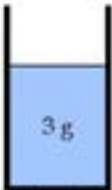

Los estudiantes acreditan la capacidad de explicación de fenómenos científicamente cuando son capaces, entre otras cosas, de aplicar el conocimiento científico previamente aprendido a situaciones sencillas de un contexto académico o cotidiano, demostrando que se han comprendido los conceptos necesarios (OCDE, 2006a; 2009; 2012). En esta línea, la cuestión que se plantea demanda del estudiante la aplicación del conocimiento aprendido a una situación académica habitual en la enseñanza de la química, como es el cálculo de concentraciones en masa a partir de los datos de masa de soluto y volumen de disolución.

La situación planteada requiere de la aplicación de destrezas científicas que podemos considerar para la edad de estos estudiantes (15 años) de bajo/medio nivel de complejidad, y además, ya trabajada en el aula en distintas actividades de la tarea 4, *¿Cómo se expresa la composición de una disolución?*, y como tal debe ser reconocida por el estudiante, contribuyendo a aumentar su grado de confianza en el desarrollo de la prueba.

Para completar la tarea el alumno debe razonar o justificar adecuadamente su respuesta, es decir, en base a los cálculos realizados debe explicar razonadamente qué vaso (de los dos presentados) contiene el “agua más dulce” (figura 7.3).

De forma intencional se omite en el enunciado toda referencia al término concentración de la disolución; en su lugar se utiliza como aproximación equivalente el “sabor dulce del agua”, un indicador cualitativo en espera de que los estudiantes relacionen adecuadamente el sabor de la disolución con su concentración en masa de azúcar (Blanco, 1988) y cómo relacionar la variables que influyen en la cuantificación de esta propiedad.

4.- Se han preparado dos vasos con disoluciones de azúcar en agua. Con los datos que se indican justifica qué vaso está "más dulce".

15 mL  3 g Vaso 1	16 mL  4 g Vaso 2
---	---

Vaso 1	Vaso 2
--------	--------

Justifica tu respuesta.

Figura 7.3. Tarea de evaluación 4 (bloque E).

7.1.2.2. Descripción de las tareas de evaluación del bloque I

El segundo bloque de la prueba de evaluación se centra en la competencia para *identificar cuestiones científicas*. Esta competencia científica requiere que el estudiante desarrolle los procesos necesarios que le permitan distinguir si determinadas situaciones o problemas son susceptibles de tratamiento científico, y reconocer posibles pautas de actuación o solución desde los métodos de la ciencia. En palabras de Cañas, Martín-Díaz y Niedo (2007): «... su finalidad fundamental es que los alumnos sean capaces de discernir si un determinado interrogante y la forma de darle respuesta pueden tener el calificativo de científicos» (p. 35).

Con esta finalidad el estudiante no sólo debe ser capaz de utilizar el conocimiento científico (sobre el mundo natural y sobre la propia ciencia) sino que debe adquirir la destreza necesaria para abordar los problemas científicos. Tal destreza exige, entre otras cosas, que el estudiante sea capaz de reconocer los aspectos que se pueden investigar desde la ciencia de otras aproximaciones que no sean científicas, no sólo en su ámbito escolar sino en numerosas situaciones o contextos de su vida diaria; comprender la situación o problema planteados y reflexionar sobre los conocimientos científicos implícitos y los procedimientos adecuados para su tratamiento; la búsqueda de información relevante y su contrastación distinguiendo qué fuentes de información son más fiables sobre la situación planteada. Finalmente, el estudiante debe conocer aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia en general, y más particularmente, con la forma de trabajar de los científicos y la investigación científica (Cañas, Martín-Díaz y Niedo, 2007).

Los aspectos considerados suelen quedar agrupados en tres tipos de procesos científicos relevantes, según el desglose que aparece en el programa PISA (OCDE, 2006a, 2009, 2012):

- I1. Reconocer cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente.
- I2. Identificar términos clave para la búsqueda de información científica.
- I3. Reconocer los rasgos clave de la investigación científica.

Estos tres aspectos quedan representados en los ítems que conforman este bloque, cada uno de los cuales pasamos a describir seguidamente.

Tarea de evaluación núm. 3

Un carácter distintivo de la ciencia frente a otras disciplinas es su modo de actuación, por eso, en las últimas décadas se viene reconociendo la importancia de enseñar no sólo el contenido de la ciencia sino también acerca de su naturaleza. De hecho, parece existir cierto consenso en considerar que una finalidad relevante de la educación científica se dirige a que los estudiantes adquieran una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia, esto es acerca de su funcionamiento y métodos de trabajo, y de la manera como se construye el conocimiento científico (Acevedo, 2004). Esta situación cobra especial interés cuando ciertos autores defienden que una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia se considera un factor clave en el proceso de alfabetización científica de un ciudadano, y por extensión, para la toma de decisiones cívicas en cuestiones tecno-científicas de interés social (Acevedo, 2004, 2008), entre las que podríamos incluir las relacionadas con el consumo de agua de bebida embotellada.

Los modelos científicos cumplen un papel fundamental en el desarrollo del conocimiento científico (Treagust *et al.*, 2002). La elaboración de modelos como productos de la ciencia implica a varios de los procesos más fundamentales y específicos de la actividad científica. Desde esta perspectiva, trabajar con los estudiantes acerca de la naturaleza de los modelos científicos se considera un objetivo prioritario reconocido en la enseñanza de las ciencias, y puede constituir una forma adecuada de introducir en el aula contenidos acerca de la propia naturaleza de la ciencia, en particular los vinculados con la construcción del conocimiento científico y la manera como los científicos razonan (Caamaño, 2012; Raviolo, Ramírez, López y Aguilar, 2010; Treagust *et al.*, 2002).

Asumiendo que los participantes no habían recibido ninguna enseñanza previa específica acerca de la naturaleza de los modelos científicos, en la secuencia didáctica se implementó una serie de actividades sobre este particular. Dado el número de dimensiones asociadas con la enseñanza y aprendizaje de los modelos científicos, estas actividades se centraron en dos de ellas: su carácter representacional y su capacidad explicativa (Treagust *et al.*, 2002).

En el trabajo de aula los estudiantes tuvieron la oportunidad de comprobar que el término “modelo” se utiliza en el lenguaje cotidiano con distintas acepciones que tienen que

diferenciar de su uso científico. Para realizar esta diferenciación los alumnos y alumnas recibieron información acerca del concepto de modelo científico y algunos de sus atributos básicos: el profesor procuró que los estudiantes comprendieran que los modelos científicos deben entenderse como representaciones posibles, sencillas pero provisionales, con la función de describir, explicar o realizar predicciones sobre ciertos hechos, situaciones y procesos de la realidad, en particular aquellos desconocidos o que no pueden ser directamente observados (véase actividades A.3.5, A.3.6 y A.3.7).

Sobre este último aspecto se realizó un énfasis especial pues la utilización de modelos científicos en el aula estuvo muy vinculada a la explicación y “visualización” submicroscópica del proceso de disolución, así como a la “visualización” del comportamiento interno de las sustancias participantes en dicho proceso –sal común y agua líquida– (Çalik, Ayas y Ebenezer, 2009; Del Re, 2000; Treagust *et al.*, 2003).

En el ítem núm. 3 se presenta al estudiante una cuestión para que muestre su conocimiento sobre qué son los modelos científicos y su posible utilización en el campo de la química (figura 7.4).

3.- En la cuestión anterior se utiliza un modelo de partículas para explicar cómo se disuelve la sal común en el agua.

a) ¿Qué es un modelo científico.



b) ¿Para qué se utilizan los modelos en Química?



Figura 7.4. Tarea de evaluación 3 (bloque I).

Se trata de una cuestión relacionada con el bloque *El agua de bebida como sistema material*, pero se presenta en un formato clásico, y por tanto, más similar a las preguntas habituales que podemos encontrar en una prueba escrita en ciencias, y en este sentido con un carácter más reproductivo de los contenidos de enseñanza abordados en el aula.

Su inclusión en la prueba viene a complementar la temática abordada en la tarea de evaluación núm. 2, en el que se presentaban los aspectos gráficos de un sencillo modelo de partículas para explicar el proceso de disolución. Ahora no se presenta ningún modelo en particular, pues se pretende que el estudiante maneje desde una perspectiva más general la concepción de modelo científico y su importancia para explicar, describir y predecir diferentes situaciones y problemas, y así debemos vincular esta cuestión de la

prueba con la capacidad del estudiante para *Reconocer los rasgos clave de la investigación científica*.

Tarea de evaluación núm. 7

Comprender la información presentada en un texto y el manejo de habilidades propias del razonamiento científico son los aspectos básicos en los que se fundamenta esta tarea de evaluación, basada en un ítem similar tomado de las Pruebas de Evaluación Diagnóstica realizadas por el País Vasco en 2009 (Departamento de Educación, 2009).

El desarrollo de esta tarea requiere de la lectura de un texto expositivo que informa sobre posibles repercusiones sociales asociadas con el consumo de agua de bebida embotellada; tras la lectura se ofrece una respuesta cerrada bajo el formato de opción múltiple, en la que se presentan varias opciones para que el estudiante elija una de ellas (véase figura 7.5).

7.- Lee el texto siguiente con atención y responde a la pregunta planteada.

UN VASO DE AGUA

El consumo de agua embotellada ha crecido incluso en lugares donde el agua del grifo es de calidad. En el año 2004 en todo el mundo se bebieron unos 154.000 millones de litros de agua envasada, un 57 % más que cinco años antes.

El agua embotellada se extrae de manantiales y, frecuentemente, se envía a miles de kilómetros para su venta. Ese tráfico produce contaminación atmosférica por el uso de combustibles fósiles en el transporte.

Por otro lado, la mayoría de las botellas están hechas de un tipo de plástico. Para fabricar este plástico se utiliza petróleo. Cada año se necesitan en todo el planeta 2,7 millones de toneladas de ese plástico para embotellar agua.

Por último, una vez consumida el agua, la mayor parte de los envases terminan en la basura. Sólo se recicla un 20 %. Una de esas botellas abandonada en la naturaleza puede tardar hasta 1.000 años en degradarse y desaparecer por completo.



¿Cuál de los siguientes problemas resumiría de forma más completa lo que se trata en el texto anterior?

- A. Transportar agua es muy caro.
- B. Es muy difícil reciclar las botellas de plástico.
- C. Consumir agua embotellada aumenta el gasto de energía.
- D. Los manantiales pueden secarse por el gran consumo de agua embotellada.

Justifica tu respuesta.

Figura 7.5. Tarea de evaluación 7 (bloque I).

Debemos indicar que las cuatro opciones de respuesta podrían ser consideradas adecuadas; no obstante, el alumnado solo puede elegir aquella opción que de forma más completa represente el problema que se trata en el texto. La idoneidad de estas opciones de respuesta no puede derivarse de una lectura literal, sino que demanda de una lectura inferencial que desentrañe las ideas “encerradas” en el texto, pues algunos de los factores a considerar aparecen de manera implícita, lo que exige que el estudiante comprenda y relacione la información presentada. Por tanto, la lectura “como instrumento” que facilite la interpretación y análisis del texto (Marbà-Tallada, Márquez y Sanmartí, 2009) cobra una especial relevancia en la correcta ejecución de esta tarea.

La tarea presentada debe vincularse al bloque *análisis de la razones para consumir agua embotellada*, si bien no hay ninguna actividad en la secuencia directamente relacionada con ella, es decir, no se trataron de forma explícita en el aula los problemas relacionados con el agua embotellada que aparecen en el texto. La situación planteada debe considerarse novedosa para el estudiante al presentarse en el contexto, menos familiar, de los problemas socio-científicos como es el posible despilfarro energético asociado con el consumo de agua de bebida embotellada y sus consecuencias sociales.

Desde el punto de vista competencial, con esta tarea el alumno debe mostrar su habilidad para resolver, a nivel cualitativo, el problema presentado a partir de un adecuado razonamiento. De esta manera, pretendemos valorar la capacidad para *reconocer los rasgos clave de la investigación científica*, y en particular identificar cuál es el problema al que se alude en el texto.

Tarea de evaluación núm. 9

La capacidad de identificar cuestiones científicas implica, entre otras habilidades, la de reconocer interrogantes que puedan ser investigados desde el ámbito de la ciencia en una situación dada, uno de los objetivos del ítem que ahora se presenta, y que podemos vincular competencialmente con la capacidad del estudiante para *reconocer cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente*.

El análisis que de los currículo en ciencia que desarrollan la Ley Orgánica de Educación (LOE)¹ de 2006 han realizado las autoras Cañas, Martín-Díaz y Niedo (2007, 2008) ha puesto de manifiesto la escasa presencia de contenidos que potencien el desarrollo de esta capacidad; en particular, debemos asumir una presencia baja de este tipo de actividades en el aula tradicional de Física y Química por lo que el alumnado tiene pocas ocasiones para el fomento de esta habilidad científica.

Desde esta premisa, en la primera tarea de la secuencia didáctica, *¿Cuáles son tus ideas sobre el agua embotellada?*, se pidió a los estudiantes que cumplimentaran un cuestionario de ideas previas; tras la puesta en común y la confección de una lista que recogía las afirmaciones más relevantes en torno al agua embotellada, se solicitó a los participantes que clasificaran estas afirmaciones como investigables o no investigables por la

¹ Véase nota a pie de página 46.

Para comprobar el conocimiento de los estudiantes sobre qué tipo de interrogantes pueden ser investigadas científicamente, y su grado de desempeño al respecto, en la prueba escrita de evaluación se decidió implementar una actividad de estructura similar a la trabajada en el aula, aunque para evitar la mera reproducción del contenido se decidió ampliar el número de dimensiones que los estudiantes tenían que considerar acerca del agua embotellada.

La actividad consistió en ofrecer al estudiante un catálogo de afirmaciones, entre las que se encuentran varias creencias y opiniones muy arraigadas sobre el agua de bebida embotellada (sobre su calidad, composición, etc.), para que eligiera justificadamente aquellas que pudieran responderse en base a datos o pruebas de carácter científico, es decir, que pudieran considerarse investigables científicamente (figura 7.6).

a) Tiene menos cal	f) Tiene más sales minerales
b) Es más sana	g) Es más pura
c) La tomo por el precio	h) Tiene más calidad
d) Tiene mejor sabor	i) Me gusta más
e) La tomo por comodidad	j) La tomo por los anuncios

SI pueden ser investigadas científicamente	NO pueden ser investigadas científicamente

--



7.1.2.3. Descripción de las tareas de evaluación del bloque U

Concluimos este apartado con la descripción de las tareas incluidas en el bloque dedicado a la *utilización de pruebas científicas*, la tercera competencia científica identificada por PISA. Recordemos que PISA relaciona esta competencia con la capacidad de usar los resultados y conclusiones de la ciencia en la búsqueda de soluciones a situaciones o problemas cotidianos, además de ser capaz de comunicar dichas soluciones (Cañas, Martín-Díaz y Nieda, 2007). Los tres procesos básicos relacionados con este tipo de competencia se indican seguidamente (OCDE, 2006, 2009, 2012):

- U1. Interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones.
- U2. Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones.
- U3. Reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos.

Seguidamente, se procede a presentar y describir las tres tareas de evaluación que conforman este bloque.

Tarea de evaluación núm. 5

La mayor “pureza” del agua de bebida embotellada –respecto del agua del grifo– constituye para los consumidores una de sus principales señas de identidad, y una de las principales razones para justificar su consumo (Doria, 2006; Ferrier, 2001; Royte, 2008). La presencia de la frase *Agua pura, verdaderamente pura* en una etiqueta real de agua embotellada y la diferencia de significados de este término en el lenguaje coloquial o científico se utilizan para plantear esta tarea de evaluación. Se pretende que el estudiante interprete los datos que suministra el análisis químico incluido en la etiqueta para justificar dicha frase desde el punto de vista químico (figura 7.7).

El contenido de esta tarea exige de conocimientos químicos básicos sobre mezclas de sustancias, que se corresponde, en el marco de la secuencia, con el bloque *El agua de bebida como sistema material*, y queda directamente relacionada con actividades como la A.2.3 o la A.2.8. Debemos considerar que se trata de una tarea de evaluación novedosa para los estudiantes en cuanto “a la forma”, por utilizar un contexto cotidiano como aplicación del conocimiento científico tratado, si bien el contenido que se aborda es similar al de otras actividades ya trabajadas en la secuencia, aunque de nuevo la redacción de la tarea enfatiza el enfoque competencial.

5.- Se presenta una etiqueta encontrada en una botella de una marca de agua embotellada (parte anterior y posterior). Léela con atención:



¿Crees tú que esta agua de la botella es “agua pura, verdaderamente pura” como pone en la etiqueta? Justifica tu respuesta a partir de la información (términos o datos) que aparece en la etiqueta.

Figura 7.7. Tarea de evaluación 5 (bloque U).

Desde el punto de vista de las competencias se trata de una tarea relativa a la *utilización de pruebas científicas*, con un carácter interpretativo de acuerdo con la tipología sobre actividades para promover el uso de pruebas que proponen Garrido y Couso (2013); de manera más concreta, se persigue evaluar la capacidad del alumno para *interpretar datos y pruebas científicas*. En este sentido, se requiere del estudiante que identifique y seleccione la información adecuada, y tras su análisis, elabore una conclusión razonada con los datos y evidencias disponibles, elementos básicos para valorar esta capacidad (Jiménez Alexandre, 2010). Por otro lado, de acuerdo con Custodio y Sanmartí (2005), cuando el alumnado construye este tipo de respuestas razonadas demuestran no sólo su competencia en relación al contenido de la pregunta (comprender el tema con profundidad), sino también en relación al formato lingüístico que ha de utilizar para comunicar y expresarse con corrección, lo cual pone de manifiesto el relevante papel del lenguaje en el ámbito de las actividades de ciencias.

Tarea de evaluación núm. 6

En trabajos desarrollados durante los estudios preliminares se utilizó un cuestionario individual para conocer las ideas y creencias que los estudiantes de educación secundaria manifestaban sobre el tema del consumo de agua de bebida embotellada (véase capítulo IV). En sus respuestas se pusieron de manifiesto continuas referencias a la presencia de “cal” en el agua del grifo como una de las razones principales para el consumo de agua embotellada (véase capítulo IV y descripción del desarrollo de la sesión 11 en capítulo VI).

Para tratar el tema de la “cal” en el agua de bebida y, dada la importancia que el alumnado parece conceder a este tema, se decidió durante el diseño y revisión de la secuencia didáctica incluir algunas actividades al respecto. Así, en la tarea núm. 1, *¿Cuáles son tus ideas sobre el agua embotellada?*, se indagó nuevamente sobre la opinión de los estudiantes sobre esta cuestión; en la tarea núm. 5, *¿Qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo?*, los estudiantes tenían que comparar la composición de cuatro marcas de agua mineral natural con el agua de consumo público de dos poblaciones andaluzas, a partir de los datos recogidos en las etiquetas y en los análisis químicos disponibles en la web, tarea que incluía la comparación de la concentración de iones calcio y magnesio presentes en estas aguas. En la tarea núm. 6, *¿Por qué bebemos agua embotellada?*, y en concreto en la actividad A.6.4, el alumnado debía consultar varias fuentes y buscar información sobre la dureza del agua de bebida (del grifo o embotellada). Finalmente, se decidió implementar una actividad que abarcara este tema en la prueba de evaluación (figura 7.8).

6.- Argumenta la veracidad o falsedad de la siguiente afirmación: “El agua embotellada no tiene cal. Sólo el agua del grifo tiene cal”. Indica todas las razones que puedas para completar tu respuesta.



Figura 7.8. Tarea de evaluación 6 (bloque U).

Esta tarea debe relacionarse con el bloque de contenidos *Razones para consumir agua de bebida embotellada*. En ella se presenta un enunciado que recoge una de las creencias más extendidas entre los estudiantes, tal como se ha mencionado anteriormente, con el objeto de que los estudiantes la evalúen a la luz del conocimiento científico, es decir, aporten razones adecuadas (en base a evidencias) sobre la veracidad o no de la conclusión que se propone.

Se desarrolla esta tarea de evaluación en un contexto novedoso para el alumnado relacionado con el análisis de las razones para decidir o no consumir agua embotellada, y que puede ayudar al estudiante en la toma de decisiones fundamentadas al respecto. Desde el punto de vista del contenido, no se trata de una actividad novedosa, ya que como se ha indicado más arriba, asumimos que el estudiante ha tenido a lo largo de la secuencia suficientes oportunidades para comprender qué es la “cal” (dureza) del agua desde el punto de vista químico, lo que debe permitirle aportar pruebas para argumentar que la conclusión propuesta es falsa.

Desde el punto de vista competencial debemos vincular esta tarea con la competencia de *utilización de pruebas científicas* y más concretamente con la evaluación de la capacidad de utilizar el conocimiento científico para *argumentar a favor o en contra de las conclusiones*.

Tarea de evaluación núm. 8

El agua es el principal componente del cuerpo humano. Un factor esencial para la salud de la persona pasa por el mantenimiento de un adecuado equilibrio hídrico, esto es un correcto balance entre el aporte y la pérdida de agua en nuestro organismo, de forma que el agua ingerida reemplace las pérdidas constantes que afronta el cuerpo. La reserva corporal de agua que contiene una persona se renueva sin parar, a una velocidad que depende de la cantidad de agua ingerida, de forma que el 99 % de la reserva de agua corporal se renueva en 50 días (Peronnet *et al.*, 2012).

Este hecho fisiológico de continua renovación del agua en nuestro organismo ha sido utilizado por la industria del agua embotellada como base de algunas campañas publicitarias, y así determinadas marcas han utilizado “esta perpetua corriente de agua renovándose en el cuerpo” para invitarnos a beber agua embotellada, un tipo de agua de propiedades “maravillosas” por su composición y origen (Gavidia, 2009).

Por otro lado, los mensajes publicitarios están permanentemente presentes en nuestra vida diaria, ejerciendo una importante influencia sobre el consumidor, por ejemplo, en relación al cuidado de la salud y exigen del fomento de una actitud crítica hacia la información recibida (Arconada, 2006).

Utilizando esta doble situación de partida, la tarea de evaluación 8 se presenta en el contexto particular de una imagen publicitaria real de una conocida marca de agua de bebida embotellada, publicada en un diario de noticias de tirada nacional. Las imágenes informan a los estudiantes de la necesidad de beber agua debido a un proceso continuo de “renovación” de este líquido en nuestro organismo: «Hasta el 60 % de tu cuerpo es agua que se renueva cada 6 semanas. ¿Te renovarías con cualquier agua (...), renueva el agua de tu cuerpo con L, agua pura de alta montaña» Tras su lectura se le pide que conteste de manera justificada a la siguiente cuestión: ¿Te “renovarías igualmente” si en vez de beber “agua pura de alta montaña” bebieras “agua del grifo”? (figura 7.9).

Partiendo de la idea de que necesitamos beber agua para que nuestro cuerpo desarrolle sus funciones correctamente, se espera que el estudiante proponga razones que justifiquen o no la validez del mensaje publicitario. Por tanto, desde el punto de vista competencial debemos vincular esta actividad con la capacidad de *argumentar a favor o en contra de las conclusiones*.

En relación a la secuencia didáctica podemos relacionar esta tarea con el bloque de contenidos *Comparación entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo*, si bien, no hay actividades de enseñanza directamente relacionadas. Siguiendo a Sanmartí (2009), los estudiantes se enfrentan a una situación-problema diferente a los utilizados en la enseñanza, y desde esta perspectiva debemos considerar esta actividad muy novedosa, en forma y contenido, respecto de las trabajadas en el desarrollo de la secuencia.

8.- Fíjate en el siguiente anuncio publicitario y léelo detenidamente:



Contesta a la siguiente pregunta: ¿“Te renovarías igualmente” si en vez de beber “agua pura de alta montaña” bebieras “agua del grifo”? Explica tu respuesta.

Figura 7.9. Tarea de evaluación 8 (bloque U)

Tras la descripción de las distintas tareas que integran la prueba de evaluación escrita, presentaremos en el siguiente apartado los resultados de su aplicación en el aula.

7.1.3. Aplicación de la prueba escrita y análisis de los resultados

La implementación en el aula de la experiencia didáctica concluye con la participación del alumnado en la prueba escrita de evaluación presentada en los epígrafes anteriores. Como se indicó en la descripción de la última sesión (sesión 13) de la puesta en práctica en el aula, el profesor participante tuvo cierta dificultad en “convencer” a los estudiantes de la necesidad de realizar esta prueba, aunque los estudiantes acabaron “convencidos” cuando el profesor justificó su necesidad como parte de la investigación en curso.

Además del cansancio manifestado por muchos de los estudiantes del grupo, la principal resistencia se manifestó en los alumnos y alumnas más aventajados que temían que la prueba pudiese empeorar su calificación media en la materia de Física y Química “al no tener claro qué debían estudiar”. Otra protesta importante se manifestó en quejas de varios estudiantes por “no saber cómo estudiar” parte de los contenidos abordados a lo largo de la secuencia, en particular los relacionados con la tarea 5, *¿Qué diferencias hay entre el agua embotellada y el agua del grifo?* y tarea 6, *¿Por qué bebemos agua embotellada?*, algo alejados de la enseñanza habitual en las clases de Física y Química.

La prueba específica, de una hora de duración, se aplicó a las 8:15 horas (primera hora lectiva), diez días después de finalizar el desarrollo de la secuencia de actividades y en

ella participaron todos los alumnos y alumnas del grupo. Durante el desarrollo de la prueba no se registraron incidencias dignas de mención.

En cuanto al análisis debemos indicar que la valoración de las respuestas de los estudiantes se realizó de manera conjunta entre el autor y director de esta tesis, llegando a un consenso en los niveles de desempeño competencial. De la misma manera, el doctorando realizó en todas las tareas de la prueba al menos dos ciclos de análisis, en momentos diferentes, encontrando un alto grado de acuerdo entre los mismos.

En los apartados que siguen se procede a presentar el análisis de las respuestas de los 25 estudiantes participantes. Los resultados se muestran agrupados por bloques de competencias, en coherencia con el procedimiento de descripción de las tareas de evaluación que se ha utilizado anteriormente.

7.1.3.1. Análisis de las respuestas de los estudiantes: bloque E

Sabemos que existen diferentes formas de entender y categorizar una explicación científica pues el término “explicación” no tiene un único significado universalmente consensuado, fruto de sus diferentes significados y su carácter polisémico. Según Norris *et al.* (2005) explicar es un acto que busca hacer algo entendible o inteligible, clarificando su significado o describiendo qué pasa o sucede. Sanmartí (2002) incluye como característica de una “buena explicación” dar cuenta del fenómeno, esto es, debe contener las razones del por qué o del cómo suceden los aspectos observados y descritos. Además, Hempel (2007, citado por Bravo, Pesa y Rocha, 2014) identifica los componentes o elementos que deberían estar presentes en las “buenas” explicaciones científicas, como la identificación y descripción de la situación analizada, los elementos o procesos que hacen que el fenómeno explicado suceda como sucede, las referencias al conocimiento teórico, etc.

Por otro lado, para Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy (1998) la presentación narrativa de la explicación también se plantea como una forma de construcción del conocimiento científico. Por tal motivo, las explicaciones científicas escolares deben aparecer como un relato coherente y bien estructurado donde el estudiante muestre que ha comprendido la situación planteada, además de presentar un correcto uso del lenguaje en general y de la terminología científica en particular. Nos referimos al manejo con coherencia de oraciones (expresiones lingüísticas precisas) que contengan vocabulario específico del ámbito de la ciencia o hagan uso de leyes o generalizaciones que permitan relacionar de forma satisfactoria los conceptos de la química empleados en la explicación, haciéndola más completa y precisa (Chamizo, 2007).

De acuerdo a estos autores, debemos concluir que para elaborar una explicación completa y funcional sería necesario tener en consideración múltiples aspectos, tarea que puede no resultar sencilla para los estudiantes. Simplificando bastante esta cuestión, opinamos que la redacción de una buena explicación debería contener, al menos, los

elementos que se indican en la siguiente lista (adaptado de Chamizo, 2007; Concari, 2001 y Gómez Galindo, 2006).

- a) Debe aparecer en un formato lingüístico apropiado, como un relato coherente y bien estructurado.
- b) Debe presentar un correcto uso del lenguaje y en particular de la terminología científica.
- c) Debe identificar y contener la descripción de la situación o fenómeno a explicar (y si es posible de su realidad subyacente).
- d) Debe identificar los procesos implicados en la situación planteada y su relación con el conocimiento teórico.
- e) Deben demostrar comprensión de la situación planteada, dando razones de lo se observa o sucede.
- f) Debe permitir justificar apelando a los atributos o características básicas del fenómeno a explicar.

Por otro lado, la elaboración de explicaciones científicas contribuye al desarrollo de los aspectos relacionados con la competencia en comunicación lingüística, la cual desempeña un papel central en el desarrollo de cada una de las capacidades básicas de la competencia científica. No es de extrañar que el lenguaje se considere, hoy en día, una variable esencial en el ámbito de las actividades de ciencia, y en particular en la utilización de los conocimientos científicos para la descripción y explicación de los fenómenos (Custodio y Sanmartí, 2005; Pedrinaci, 2012b).

Pero también a la inversa, muchas de las actividades que el estudiante realiza para el desarrollo de la competencia científica implica trabajar el lenguaje científico lo que conlleva el desarrollo simultáneo de la competencia lingüística (Pedrinaci, 2012b): la elaboración de explicaciones científicas contribuye a la adquisición de la competencia lingüística. Esta posibilidad se recoge en el anexo II del Real Decreto 1631/2006 sobre enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006b), que desarrolla la Ley Orgánica de Educación (LOE), y que establece la contribución a la misma desde la materia de Ciencias de la Naturaleza, en los siguientes términos:

- Utilizando un modo específico de construcción del discurso, propio de las ciencias de la naturaleza, dirigido a argumentar o hacer explícitas las relaciones.
- Utilizando de forma precisa y adecuada los términos, el encadenamiento de las ideas y la expresión verbal de las relaciones.
- Adquiriendo la terminología específica sobre (...), los objetos y los fenómenos naturales se hace posible comunicar adecuadamente las experiencias y comprender suficientemente lo que otros expresan sobre ella.

Resultados de la tarea de evaluación núm. 1

Como se recordará, en esta tarea los estudiantes debían explicar las razones por las que, desde el punto de vista químico, el observable material “agua del grifo” se considera una disolución. Para analizar la calidad de las explicaciones de los estudiantes, y en base a las consideraciones realizadas en el epígrafe anterior, nos centraremos en dos aspectos básicos: qué información relevante de la química selecciona el estudiante para describir y explicar la situación planteada (corrección desde el punto de vista químico), y cómo construye esta explicación, con corrección del lenguaje (corrección desde el punto de vista lingüístico y terminológico), valorándose la precisión y concisión. En base a lo indicado se proponen los siguientes indicadores para el análisis:

- A. Construcción de la explicación desde el punto de vista lingüístico.
- B. Utilización de los términos propios del lenguaje químico con precisión y ausencia de errores conceptuales.
- C. Número de razones, correctas desde el punto de vista químico, utilizadas en la explicación.

La rúbrica empleada, con indicación de los distintos elementos considerados se presenta en la tabla 7.4.

INDICADORES DE VALORACIÓN	NIVELES DE DESEMPEÑO			
	1	2	3	4
<i>A. Construcción de la explicación desde el punto de vista lingüístico</i>	Narración sin secuencia lógica. Palabras o términos sueltos, frases poco organizadas o inconexas.	Narración incompleta. Presenta cierto orden, pero contiene frases con incoherencias, repeticiones o errores sintácticos	Narración adecuada. Se presenta bien organizada y secuenciada. Frases bien construidas pero puede presentar imprecisiones o repeticiones de algunos términos de forma innecesaria.	Narración completa. Se presenta bien organizada y secuenciada. El contenido de la respuesta aparece con claridad y concisión. Usa frases bien construidas y sin repeticiones.
<i>B. Utilización de los términos propios del lenguaje químico con precisión y ausencia de errores conceptuales</i>	No aparece ningún término del lenguaje químico. Contiene errores conceptuales. Las ideas que presenta no están claras, o sin relación a lo preguntado.	Utiliza pocos términos del lenguaje químico. No se aprecian errores conceptuales, pero incluye alguna imprecisión Las ideas no están del todo claras.	Utiliza varios términos científicos. Puede incluir cierta falta de precisión o claridad en el uso.	Utiliza un número adecuado de términos químicos con claridad y precisión.
<i>C. Número de razones, correctas desde el punto de vista químico utilizadas en la explicación.</i>	No aporta ninguna razón.	No se discrimina entre homogénea y heterogénea. Se refiere al agua del grifo como una mezcla.	Se refiere al agua del grifo como una mezcla homogénea.	Se refiere al agua del grifo como mezcla homogénea y cita algún otro atributo.

Tabla 7.4. Matriz de valoración para el análisis de las respuestas (tarea 1).

Como se observa, para facilitar la concreción de los distintos niveles de desempeño alcanzados por los estudiantes, y dado el número de aspectos a considerar en las respuestas, se convino el empleo de rúbricas como herramienta de ayuda y orientación: se trata de tablas o matrices de valoración que enumeran los distintos indicadores que deben ser tenidos en cuenta así como los niveles de calidad que pueden alcanzarse para cada uno de estos indicadores (Goodrich, 1997, 2000; Mertler, 2001).

La aplicación de la matriz de valoración anterior condujo a los resultados que se muestran en la tabla 7.5.

ALUMNO/A	INDICADORES DE VALORACIÓN		
	A	B	C
E01	2	2	2
E02	2	1	1
E03	4	4	4
E04	2	3	2
E05	2	1	2
E06	3	3	2
E07	3	3	2
E08	2	2	2
E09	3	2	3
E10	3	3	2
E11	3	3	2
E12	3	2	2
E13	3	3	2
E14	2	2	2
E15	3	3	3
E16	4	4	4
E17	4	3	2
E18	4	4	4
E19	3	3	4
E20	3	1	1
E21	3	3	4
E22	3	3	3
E23	3	4	2
E24	3	2	3
E25	3	3	2
Promedio	2,92	2,68	2,48

Tabla 7.5. Niveles de desempeño en las explicaciones de los estudiantes (tarea 1).

De acuerdo al valor promedio obtenido se observa que el indicador A (construcción narrativa) obtiene el mejor resultado, seguido del B (utilización de terminología química) y del C (aplicación del conocimiento químico).

En la tabla 7.6 se muestra cómo se distribuyen los niveles de desempeño para cada uno de los indicadores de análisis propuestos, lo que nos permite obtener una visión más global de las respuestas de los estudiantes a esta primera tarea de evaluación.

NIVELES DE DESEMPEÑO	INDICADORES DE VALORACIÓN		
	A	B	C
Nivel 1	0	3	2
Nivel 2	6	6	14
Nivel 3	15	12	4
Nivel 4	4	4	5

Tabla 7.6. Niveles de desempeño agrupados por indicadores de análisis (tarea 1).

Como se observa, 19 estudiantes se situaron entre los niveles 3 y 4 en relación a la construcción narrativa de la explicación, mientras que fueron 16 los estudiantes que mostraron estos mismos niveles en el manejo del vocabulario científico, resultados que debemos considerar adecuados. Seguidamente se recoge una muestra representativa de términos específicos utilizados por los estudiantes en la elaboración de sus explicaciones (tabla 7.7).

TÉRMINOS CIENTÍFICOS EN LAS EXPLICACIONES DE LOS ESTUDIANTES	
Disolución.	Sustancia.
Mezcla.	Composición.
Homogénea.	Uniforme.
Componentes.	Constituyentes.
Disolvente.	Soluto.
Agua.	Pura.
Cal.	Sales minerales.

Tabla 7.7. Términos científicos utilizados en las explicaciones de los estudiantes (tarea 1).

En relación al tercer indicador de análisis (aspectos químicos de la explicación) se obtienen resultados inferiores, pues solo 9 de 25 estudiantes presentaron un nivel de desempeño igual o superior al nivel 3, quedando la mayor parte del grupo en el nivel medio (nivel 2).

A continuación, se presenta una selección de respuestas que muestra distinta gradación en el nivel de elaboración de la explicación demandada, de acuerdo con los descriptores de análisis antes indicados (la marcas y subrayados han sido realizados por el profesor durante el proceso de análisis). En primer lugar, se muestra la respuesta del estudiante E03 que contiene una descripción bastante completa y con un buen manejo del lenguaje científico (figura 7.10).

1.- Explica por qué, químicamente hablando, el agua del grifo se considera una disolución. Indica todas las razones que se te ocurran para completar tu explicación.

El agua está formada por varias sustancias. (cloro, sodio, calcio, agua (mayor cantidad)) por lo tanto es una mezcla, las sustancias de esta mezcla presentan una composición y apariencia uniforme, por lo que también es una mezcla homogénea, ya que no se pueden distinguir sus componentes a simple vista. En una disolución está formada por unos constituyentes:

- disolventes: en la que se disuelve (agua)
- solutos: lo que se disuelve (cloro, sodio...)

Por todos estos razones podemos definir al agua como una disolución.

Figura 7.10. Respuesta del estudiante E03 a la tarea 1 (nivel de desempeño alto).

La respuesta de E15 presenta una explicación menos elaborada pero también adecuada pues reconoce el agua del grifo como un sistema material formado por distintas sustancias a la vez que hace referencia al aspecto homogéneo que presenta (figura 7.11).

Porque el agua está formada por sustancias (sales, cloro etc) que son disueltas en ella, pero de forma homogénea, es decir, no se ven.

Figura 7.11. Respuesta del estudiante E15 a la tarea 1 (nivel de desempeño medio).

Finalmente, se presenta la respuesta del estudiante E08, menos apropiada desde el punto de vista químico pues reconoce el agua del grifo como mezcla, aunque sin caracterizarla como ejemplo de disolución (figura 7.12).

se considera una disolución porque contiene varias sustancias y diferentes.

Figura 7.12. Respuesta del estudiante E08 a la tarea 1 (nivel de desempeño bajo).

En resumen, si la construcción narrativa de la explicación puede considerarse adecuada, la comprensión química de la situación-problema propuesta presentó una mayor dificultad, aunque no se advirtieron errores conceptuales significativos. Mientras que la prácti-

ca totalidad de los participantes (23 de 25) reconocieron el agua del grifo como una mezcla de sustancias, solo nueve de ellos la caracterizaron como sistema material homogéneo, atributo básico distintivo de las disoluciones (Blanco, 2000); de esta manera, algo más de un tercio de los estudiantes utilizó en sus explicaciones referencias a las disoluciones para describir químicamente el agua del grifo.

Entendemos que la causa de estos resultados pudo encontrarse en que los conocimientos básicos sobre la caracterización de las disoluciones se introdujeron “contextualizados”, con continuas referencias al agua embotellada, lo que pudo dificultar la generalización y transferencia de estos mismos contenidos a otras situaciones cotidianas (King y Ritchie, 2013; Marchán y Sanmartí, 2013).

A pesar de que se incluyeron en la secuencia varias actividades con el objeto de hacer más consciente al estudiante de la presencia de disoluciones en nuestra vida diaria (véase, por ejemplo, la actividad A.4.5), debemos considerar la necesidad de mejorar su desarrollo en el aula, con un trabajo más explícito, pues estas actividades se mostraron claves en el proceso de transferencia. Sería necesario ayudar a los estudiantes en el reconocimiento de sistemas materiales homogéneos de uso cotidiano, así como a manejar y expresar, oralmente y por escrito, los conceptos básicos involucrados en la descripción y caracterización de las disoluciones, facilitando el proceso de transferencia y generalización de conocimiento a distintas situaciones, con independencia de que se presenten en un contexto específico, y en particular el consumo de agua de bebida envasada.

En esta línea parece necesario conectar las actividades A.2.8 y A.2.9 mediante la incorporación de alguna experiencia de laboratorio que permita comparar la descripción química del agua de bebida embotellada y del grifo, en relación a conseguir un aprendizaje más significativo, a la vez que una visión más global de las características de los tipos de agua de bebida como observables materiales presentes en nuestra vida cotidiana.

Resultados de la tarea de evaluación núm. 2

Esta cuestión de la prueba demanda del estudiante que construya una respuesta expositiva más o menos extensa tratando de responder a la pregunta “cómo” se lleva a cabo el proceso de disolución; se espera que el contenido de la exposición refleje las causas del fenómeno a partir de la utilización de los conceptos básicos del modelo científico que se acompaña en forma gráfica, explicando con coherencia cómo llega a producirse, desde el punto de vista microscópico, el fenómeno de disolución de la sal común en agua.

Dada la importancia del correcto uso del lenguaje para la elaboración de la explicación científica requerida, los indicadores para el análisis de esta tarea de evaluación debe contener, al estilo de lo indicado en el ítem 1, referencias a los aspectos lingüísticos de la construcción narrativa valorándose la claridad, precisión y concisión exigibles a un estudiante que cursa 3^{er} curso de ESO.

Para la valoración de la “parte química” de la respuesta se propone utilizar dos indicadores en relación al correcto uso del modelo científico que se plantea para la descripción microscópica del proceso de disolución. Esta valoración se fundamentará en cómo los estudiantes realizan la descripción del proceso de disolución en términos de “partículas”. De acuerdo a la literatura consultada una descripción completa de este proceso debería hacer referencia a la estructura microscópica de las sustancias participantes, a los factores clave del modelo explicativo (basados en el movimiento e interacción a nivel molecular) y al estado final donde las partículas constituyentes quedan “mezcladas” y distribuidas uniformemente (Blanco, 2000).

De acuerdo a lo indicado, proponemos los siguientes indicadores para la valoración de los resultados:

- A. Construcción narrativa de la explicación desde el punto de vista lingüístico.
- B. Utilización de los términos propios del modelo de partículas con referencia clara al nivel microscópico de interpretación.
- C. Descripción del proceso en cuanto a las sustancias que intervienen y las causas de la transformación física que ocurre durante la disolución.

Para el análisis del nivel de desempeño de los estudiantes se opta por volver a utilizar una matriz de valoración, cuyos elementos se indican en la tabla 7.8.

INDICADORES DE VALORACIÓN	NIVELES DE DESEMPEÑO			
	1	2	3	4
<i>A. Construcción narrativa de la explicación desde el punto de vista lingüístico.</i>	Narración sin secuencia lógica. Palabras o términos sueltos, frases poco organizadas o inconexas.	Narración incompleta. Presenta cierto orden, pero contiene frases con inconherencias, repeticiones o errores sintácticos.	Narración adecuada. Se presenta bien organizada y secuenciada. Frases bien construidas pero puede presentar imprecisiones o repeticiones de algunos términos de forma innecesaria.	Narración completa. Se presenta bien organizada y secuenciada. El contenido de la respuesta aparece con claridad y concisión. Usa frases bien construidas y sin repeticiones.
Críterio B <i>Utilización de los términos propios del modelo de partículas.</i>	No utiliza vocabulario característico del modelo. Presenta errores conceptuales ligados al proceso de disolución. Las ideas que presenta no están claras o sin relación a lo preguntado.	Utiliza algún término del modelo. No se aprecia errores conceptuales pero incluye alguna imprecisión. Las ideas no están del todo claras.	Aparece algún término del modelo y no aparecen errores conceptuales y/o imprecisiones. Le falta precisión en el manejo.	Utiliza dos o más términos del modelo. Utiliza los términos con corrección y precisión. No se aprecian errores conceptuales ni imprecisiones.
Críterio C.1. <i>Sustancias que intervienen en el proceso.</i>	No hace referencia a las sustancias que intervienen en el proceso.	Hace referencia únicamente al papel de la sal. Se refiere a ella en términos macroscópicos.	Hace referencia a la sal y al agua. Hace mención a la estructura interna pero pueden aparecer referencias macroscópicas.	Hace referencia a las dos sustancias. Se refiere a ellas en términos de partículas constituyentes.

Criterio C.2. <i>Descripción de lo que ocurre.</i>	No habla en términos de partículas. Sólo hace referencia a los aspectos macroscópicos. Las claves del proceso (fases y causas) no están claras.	Mezcla la interpretación microscópica con el proceso macroscópico. Las claves del proceso no aparecen en términos microscópicos.	Interpreta el proceso en términos de partículas, pero falta precisión. Aparecen los aspectos básicos del proceso microscópico.	Interpreta con claridad y precisión el proceso en términos de partículas. Las claves del proceso están claras.
Criterio C.3. <i>Estado final.</i>	No menciona el estado final de la sal.	Hace referencia al estado final de la sal pero con errores o imprecisiones. Mezcla el proceso microscópico con el macroscópico.	Hace referencia al estado final de la sal, pero mezcla la interpretación micro y macro.	Hace referencia al estado final de la sal y del agua en términos de partículas.

Tabla 7.8. Matriz para el análisis de las respuestas a la tarea 2 de la prueba.

La valoración de las respuestas de los estudiantes se muestra seguidamente (tabla 7.9).

ALUMNO/A	INDICADORES DE VALORACIÓN				
	A	B	C1	C2	C3
E01	NC	NC	NC	NC	NC
E02	1	2	1	1	1
E03	3	3	3	3	4
E04	3	3	3	3	3
E05	2	1	1	2	1
E06	2	3	2	3	3
E07	1	2	1	2	1
E08	2	3	3	2	3
E09	3	1	1	1	1
E10	3	3	3	2	3
E11	3	1	3	3	1
E12	2	2	2	1	1
E13	2	2	2	3	3
E14	2	1	1	2	2
E15	3	3	2	3	3
E16	4	3	3	3	4
E17	4	4	4	3	4
E18	4	4	4	4	4
E19	2	2	2	2	1
E20	2	2	2	2	3
E21	2	2	3	2	2
E22	1	1	1	2	1
E23	2	2	2	1	1
E24	3	1	1	1	1
E25	2	1	2	1	1
Promedio	2,42	2,17	2,17	2,17	2,17

Tabla 7.9. Niveles de desempeño en las explicaciones de los estudiantes (tarea 2).

En la segunda tarea de evaluación, la construcción narrativa de la explicación vuelve a ser el indicador con mejor rendimiento, seguido por los indicadores B (uso de la terminología química) y C (aplicación del conocimiento químico) con igual valores promedio, pero inferiores en su conjunto a los registrados en la cuestión anterior, lo parece indicar que revistió una mayor dificultad para los estudiantes.

La tabla 7.10 muestra los resultados obtenidos agrupados por niveles de desempeño.

NIVEL DESEMPEÑO	INDICADORES DE VALORACIÓN				
	A	B	C1	C2	C3
Nivel 1	3	7	7	6	11
Nivel 2	11	8	8	9	2
Nivel 3	7	7	7	8	7
Nivel 4	3	2	2	1	4
NC	1	1	1	1	1

Tabla 7.10. Niveles de desempeño agrupados por indicadores de análisis (tarea 2).

El conocimiento de los aspectos químicos básicos para describir científicamente la situación planteada arroja unos resultados parecidos a los de la cuestión anterior, pues 11 estudiantes mostraron un nivel de desempeño igual o superior a 3 en este indicador. De esta manera, nos encontramos con 15 estudiantes que no citan las sustancias participantes en el proceso, o se refieren únicamente a la sal, ignorando el papel del agua. El resto sí refiere la presencia de ambas sustancias, aunque solo dos de ellos mencionan sus respectivas estructuras internas en el proceso de disolución. Por otro lado, nueve de los estudiantes fueron capaces de interpretar el proceso de disolución en término de partículas, sin recurrir a aspectos macroscópicos, aludiendo a los dos factores claves antes citados, mientras que 11 de los estudiantes hicieron referencia al estado final de mezcla microscópica donde las partículas constituyentes quedaban distribuidas en el seno del líquido.

En los ejemplos que siguen se muestran distintos niveles de gradación en las respuestas a esta cuestión de la prueba –volvemos a recordar que las marcas y anotaciones han sido realizadas por el profesor durante el análisis efectuado–. En primer lugar se presenta la respuesta del estudiante E18, que consideramos bastante acertada en relación al nivel medio mostrado por el grupo, pues presenta una descripción del proceso de disolución bastante completa en términos submicroscópicos y con base en las variables que utiliza el modelo de partículas presentado (figura 7.13).

2.- En el siguiente diagrama se presenta de forma gráfica un modelo de partículas para explicar cómo se disuelve un cristal de sal común en agua. Utiliza este modelo para describir detalladamente cómo ocurre el proceso de disolución.

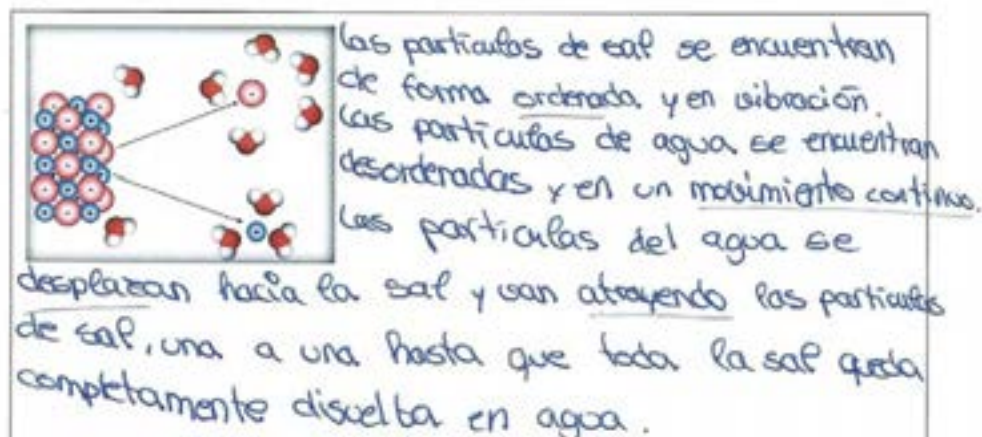


Figura 7.13. Respuesta del estudiante E18 a la cuestión 2 (nivel de desempeño alto).

En la figura 7.14 se reproduce la respuesta del estudiante E19, en cuya descripción del proceso mezcla el mundo macro y microscópico, maneja solo uno de los factores clave y presenta algunas imprecisiones.

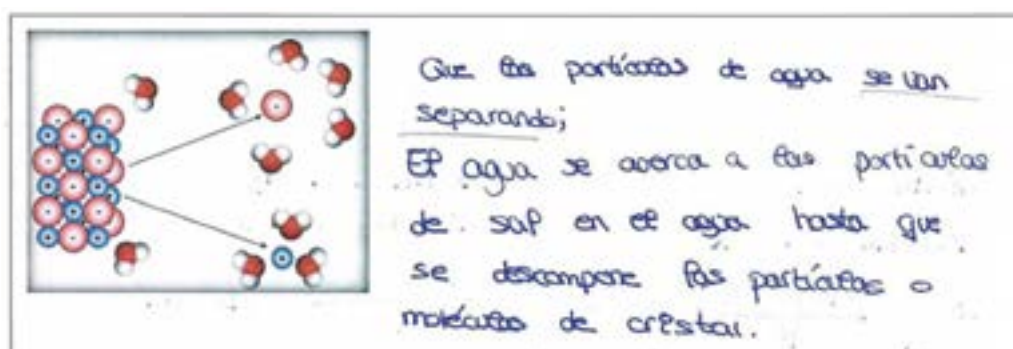


Figura 7.14. Respuesta del estudiante E19 a la tarea 2 (nivel de desempeño medio).

Como último ejemplo en la figura 7.15 se muestra la respuesta del estudiante E09, quien trata de explicar el proceso sin mención alguna al modelo de partículas.

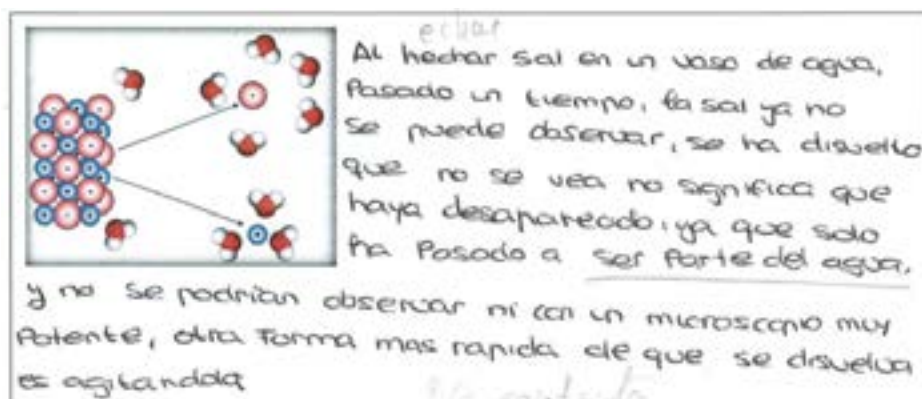


Figura 7.15. Respuesta del estudiante E9 a la tarea 2 (nivel de desempeño bajo).

Seguidamente se presenta un catálogo con los principales términos científicos que manejan los estudiantes al tratar de describir la disolución de la sal en el agua. La información se presenta dividida en dos secciones, según hagan referencia a la estructura interna de las sustancias participantes en la disolución o a las variables del modelo utilizadas para justificar el proceso de disolución a nivel microscópico (tabla 7.11).

ESTRUCTURA DE LAS SUSTANCIAS PARTICIPANTES		FACTORES CLAVES DEL MODELO	
Agua	Sal común	Movimiento	Interacción
<ul style="list-style-type: none"> – “Desordenada”. – Átomo de oxígeno. – Estado líquido. 	<ul style="list-style-type: none"> – Cristal. – “Ordenada”. – Sodio. – Cloro / cloruros. – Estado sólido. – Partículas unidas. – Partículas positivas /negativas. 	<ul style="list-style-type: none"> – Separar. – Oscilación. – Vibración. – “Se desplazan”. – Rodear. – Acercarse / “se acercan”. – “Se mueven”. – “Se mezclan”. 	<ul style="list-style-type: none"> – “Se atraen”. – Arrancar. – Rodear. – Contacto. – “Se pegan” / “Se juntan”. – Unirse. – “El cristal se descompone” / “se deshace” / “se desgasta”.

Tabla 7.11. Términos científicos utilizados en las explicaciones de los estudiantes (tarea 2).

Tal como se ha indicado, se observó un reducido número de estudiantes que hiciera referencia a la estructura interna del agua líquida en la descripción del proceso de disolución, y prácticamente, es testimonial la presencia de los términos “partículas” o moléculas en referencia al agua, aunque la estructura de la sal sí fue tenida en cuenta por un mayor número de estudiantes. Curiosamente, el papel del agua pasa a un segundo plano en el proceso de disolución, pues la mayoría de los estudiantes centran su atención en lo que le ocurre al cristal de sal, como si tal transformación no fuera una consecuencia de “estar en el agua”. En relación a la justificación del proceso de disolución en términos de los dos factores claves que utiliza el modelo explicativo presentado, debemos observar que muy pocos estudiantes utilizaron con precisión estos términos, si bien se dieron por correctos todos aquellos que pudieran entenderse como equivalentes.

En tanto que en las respuestas de los estudiantes a la primera cuestión de la prueba no se detectaron errores conceptuales de interés, en esta segunda aparecen varios de ellos ligados al proceso de disolución y que se presentan en la tabla 7.12.

ERRORES CONCEPTUALES EN LA DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DISOLUCIÓN	
Afirmaciones de los estudiantes	Comentarios
La sal se va “desgastando” (E21).	Analogía entre disolver y desaparecer.
Las partículas de sal “se descomponen” (E19).	
Al mezclarse las partículas de sal se convierten al estado líquido junto con el agua (E11).	Analogía entre fundirse y disolverse.
La sal ha pasado a ser parte del agua (E09).	Ideas alternativas que implican transformación de las sustancias.
En el proceso se forman partículas (E05).	

Tabla 7.12. Algunos errores asociados con el proceso de disolución.

En resumen, la “calidad narrativa” de las explicaciones de los estudiantes fue inferior en esta segunda cuestión, así como el manejo correcto de la terminología científica y la utilización del conocimiento químico necesario, en relación con estos mismos indicadores en la primera tarea de la prueba. No obstante, durante la puesta en práctica el profesor tuvo la percepción, en su interacción con los estudiantes, de que un elevado número de ellos pareció entender adecuadamente el modelo de partículas utilizado para la explicación de las disoluciones (véase desarrollo de la sesión 5). A pesar de esto, se constata que los estudiantes encontraron una mayor dificultad narrativa al tratar de “explicar por escrito” cómo funcionaba el modelo, es decir, al tratar de describir de manera más detallada cómo se producía el proceso de disolución en base a dicho modelo.

Opinamos que no es necesario incluir en la secuencia nuevas actividades en relación con la descripción microscópica del proceso de disolución de la sal en agua, aunque sí debe mejorarse la presentación de algunas de ellas (como la actividad A.3.7) para hacer más explícita la presencia de los factores que explican este proceso, por ejemplo, incluyendo un análisis comparativo del estado microscópico de las sustancias antes y después del proceso de disolución.

Como posible propuesta de mejora, se podría plantear una mayor nivel de profundización en el modelo de interacción presentado a través de la explicación de otros fenómenos relacionados como el hecho de que no se disuelva el azúcar en alcohol, siendo este un líquido perceptivamente muy parecido al agua (Blanco, 2000). De la misma manera, los contenidos de esta parte de la secuencia didáctica podrían enriquecerse incluyendo algunas actividades específicas sobre el uso de analogías que ayuden a los estudiantes a comprender y utilizar los modelos científicos (Oliva, 2008, 2011) o con actividades de modelización en las que los estudiantes investiguen y desarrollen sus propios modelos explicativos (Oliva y Aragón, 2009), en nuestro caso en torno al proceso de disolución de la sal común en agua.

Para mejorar la coherencia de las explicaciones podría ser adecuado “enseñar” a los estudiantes las características que debe poseer una buena explicación científica, y seguidamente fomentar el aprendizaje de las habilidades que deben ponerse en juego para elaborarlas, a través de actividades específicamente diseñadas a tal fin. Así, debería valorarse modificar la presentación de algunas de las actividades de este bloque competencial en la secuencia, con objeto de que los estudiantes, con la guía del docente, reconozcan y expliciten los componentes que caracterizan una explicación científica: identifiquen y describan la situación planteada, identifiquen el conocimiento de ciencia necesario, lo relacionen con la situación planteada y redacten la explicación solicitada.

Resultados de la tarea de evaluación núm. 4

Recordemos que en esta cuestión el estudiante debe justificar qué vaso con agua, de los dos mostrados presentará un sabor “más dulce” de acuerdo a los datos expresos suministrados a tal efecto. Para valorar esta actividad se espera del estudiante una adecuada comprensión del concepto de concentración en masa y que sea capaz de utilizarlo en la

justificación de la situación planteada. En tal aplicación debe figurar el correspondiente proceso matemático propio de la competencia matemática (a nivel del manejo de relaciones proporcionales con errores mínimos de cálculo) y la expresión de la composición en masa de la disolución en la unidad física coherente con los datos de la disolución.

Con lo indicado proponemos el análisis de las respuestas a esta tarea de evaluación en base en base a los siguientes indicadores:

- A. Expresión matemática y narrativa, con especial atención a la utilización de las unidades de medida necesarias y a la coherencia (lingüística) en el proceso de justificación.
- B. Proceso y conocimientos matemáticos con especial atención al desarrollo de las operaciones de proporcionalidad que se demandan.
- C. Calidad de las justificaciones en base al resultado numérico obtenido.

En línea con las anteriores dos tareas de este mismo bloque, para valorar el nivel de gradación en las respuestas de los estudiantes volvemos a proponer el uso la rúbrica como herramienta de análisis, la cual se presenta en la tabla 7.13.

INDICADORES DE ANÁLISIS	NIVEL DE DESEMPEÑO			
	1	2	3	4
Criterio A1 <i>Expresión matemática.</i>	No utiliza las unidades de medida salvo para indicar el resultado.	Utiliza unidades de medida aunque no en todos los supuestos y no expresa el resultado con la unidad adecuada.	Utiliza las unidades de medida en todos los supuestos pero no expresa el resultado con la unidad adecuada.	Utiliza las unidades de medida en todos los casos y expresa el resultado con la unidad adecuada.
Criterio A2 <i>Expresión narrativa.</i>	En la justificación no se aprecia coherencia.	En la justificación se aprecia coherencia pero falta precisión en el lenguaje (uso cotidiano).	Justifica la conclusión con coherencia y uso correcto del lenguaje.	Ídem y utiliza además terminología científica, como el término concentración.
Criterio B <i>Proceso y conocimiento matemático.</i>	No realiza proceso. No plantea cálculos.	Utiliza una regla aditiva, no proporcional	Plantea la proporcionalidad de forma incorrecta, o no la realiza correctamente.	Plantea la proporcionalidad y la realiza correctamente.
Criterio C <i>Calidad de la justificación.</i>	Infiere una conclusión no coherente con los datos o cálculos realizados. Infiere una conclusión errónea o mal argumentada.	Deduca una conclusión basada en una sola variable. El sabor dulce depende solo de la cantidad de azúcar o de la cantidad de agua.	Deduca una conclusión adecuada basándose en las dos variables (relación o cociente) pero no utiliza el término concentración.	Concluye utilizando las dos variables (relación o cociente) y utiliza el concepto de concentración.

Tabla 7.13. Matriz para el análisis de las respuestas a la tarea 4 de la prueba.

La aplicación de esta herramienta a las respuestas de los estudiantes se muestra en la tabla 7.14.

ALUMNO/A	INDICADORES DE VALORACIÓN			
	A1	A2	B	C
E01	1	2	4	2
E02	1	1	1	1
E03	4	4	4	4
E04	3	3	4	2
E05	1	3	3	4
E06	3	3	4	3
E07	NC	NC	NC	NC
E08	3	3	4	2
E09	3	4	4	4
E10	3	2	4	1
E11	3	3	4	3
E12	3	2	4	2
E13	1	2	4	2
E14	1	2	1	1
E15	3	3	4	3
E16	4	4	4	4
E17	3	3	4	3
E18	4	3	4	3
E19	3	2	4	1
E20	1	2	1	1
E21	3	4	4	4
E22	3	3	4	2
E23	3	2	3	2
E24	1	3	4	2
E25	1	1	1	1
Promedio	2,46	2,67	3,42	2,38

Tabla 7.14. Niveles de desempeño en las respuestas de los estudiantes (tarea 4).

La agrupación de resultados por niveles de desempeño se muestra en la tabla 7.15.

NIVEL DESEMPEÑO	INDICADORES DE VALORACIÓN			
	A1	A2	B	C
Nivel 1	8	2	4	6
Nivel 2	0	8	0	8
Nivel 3	13	10	2	5
Nivel 4	3	4	18	5
NC	1	1	1	1

Tabla 7.15. Niveles de desempeño agrupados por indicadores de análisis (tarea 4).

Nos volvemos a encontrar con una situación parecida a la expuesta en las cuestiones 1 y 2 ya analizadas. Y así, mientras que los aspectos relativos a la expresión, en este caso lingüística y matemática (indicadores A y B) obtuvieron buenos resultados, la utiliza-

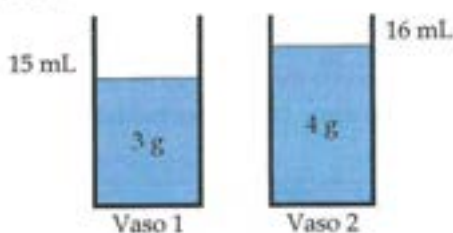
ción de los aspectos relacionados con el conocimiento químico, esta vez para justificar el resultado obtenido, volvió a presentar un menor rendimiento.

Así, el análisis refleja que los estudiantes no encontraron dificultad en plantear correctamente los cálculos matemáticos que demandaba la actividad, pues de los 20 estudiantes que plantearon la necesaria relación de proporcionalidad 18 lo hicieron correctamente, algo en principio esperable de acuerdo a sus edades y nivel cognitivo. Sin embargo, la mayoría de estos estudiantes expresaron los resultados numéricos utilizando únicamente unidades de masa de soluto (gramos) y solo tres de ellos utilizaron la unidad de medida correcta, coherente con la magnitud concentración en masa que se maneja en la actividad (gramos cada litro), situación que resulta curiosa pues, en su mayoría, estos mismos estudiantes utilizaron la unidad adecuada en las actividades de la secuencia que involucraban estos mismos cálculos (actividades A.4.2 y A.4.3, por ejemplo).

En cuanto a las justificaciones a la pregunta *¿Qué agua está más dulce?*, diez estudiantes proceden de forma correcta, relacionando la masa de soluto disuelta con el volumen de disolución utilizado; ahora bien, cinco de estos estudiantes mostraron una utilización más precisa del vocabulario científico al referir el término concentración, esto es, vincularon el “sabor dulce” con la concentración en masa de azúcar disuelto en el agua. El resto de estudiantes infirieron erróneamente sus conclusiones con relación únicamente a la variable “cantidad de azúcar” en el agua (variable directa: “si está más dulce tiene más azúcar”).

En la figura 7.16 se muestra la respuesta del estudiante *E16* la que más se aproxima a la respuesta esperada, pues expresa correctamente los resultados y presenta un resultado que maneja de forma precisa la idea de concentración.

4.- Se han preparado dos vasos con disoluciones de azúcar en agua. Con los datos que se indican justifica qué vaso está “más dulce”.



<p>Vaso 1</p> <p>En 15 mL de agua hay 3 g de azúcar; en 1000 mL de agua habrá x.</p> $x = \frac{1000 \times 3}{15} = 200 \text{ g/L}$	<p>Vaso 2</p> <p>En 16 mL de agua hay 4 g de azúcar; en 1000 mL de agua habrá x.</p> $x = \frac{1000 \times 4}{16} = 250 \text{ g/L}$
--	--

Justifica tu respuesta.

De los que están más dulce es el 2, porque tiene mayor concentración.

Figura 7.16. Respuesta del estudiante E16 a la tarea 4 (nivel de desempeño alto).

En las figuras 7.17 y 7.18, respectivamente, se muestran dos ejemplos que contienen respuestas con un grado de desempeño menor. Así, *E06* realiza de forma correcta los cálculos aunque no expresa correctamente los resultados en la unidad adecuada, y propone una justificación en la que refiere únicamente la cantidad de azúcar presente, sin referencia alguna al volumen de disolución. Finalmente, *E23* expresa incorrectamente los resultados de los cálculos proporcionales y propone, además, una justificación con un marcado carácter de tautología por su obviedad.

Vaso 1	Vaso 2
$45 \text{ mL} \text{ ————— } 3 \text{ g}$ $4000 \text{ mL} \text{ ————— } x$ $\frac{4000 \cdot 3}{45} = 200 \text{ g/L}$	$46 \text{ mL} \text{ ————— } 4 \text{ g}$ $4000 \text{ mL} \text{ ————— } x$ $\frac{4000 \cdot 4}{46} = 250 \text{ g/L}$

Justifica tu respuesta.

El vaso 2 es más dulce porque tiene mayor contenido de azúcar.
 Concentración = Valor dulce

Figura 7.17. Respuesta del estudiante E06 a la tarea 4 (nivel de desempeño medio).

Vaso 1	Vaso 2
$45 \text{ mL} \text{ ————— } x$ $3 \text{ g} \text{ ————— } 1 \text{ g}$ $\frac{15}{3} = \frac{x}{1} = \frac{15 \cdot 1}{3} = 5 \text{ mL}$	$46 \text{ mL} \text{ ————— } x$ $4 \text{ g} \text{ ————— } 1$ $\frac{16}{4} = \frac{x}{1} = \frac{16 \cdot 1}{4} = 4 \text{ mL}$

Justifica tu respuesta.

El vaso A está más dulce, ya que haciendo la regla de tres, se ve cuál de los dos es más dulce.

Figura 7.18. Respuesta del estudiante E23 a la tarea 4 (nivel de desempeño bajo).

En la secuencia didáctica se diseñaron varias actividades específicas para mostrar a los estudiantes la necesidad de conocer la masa de soluto y el volumen de disolución para manejar correctamente la magnitud concentración en masa, actividades que parecieron desarrollarse correctamente en el aula de acuerdo a las percepciones del profesor; sin embargo, el análisis de este ítem de la prueba pone de manifiesto en un buen número de estudiantes, una utilización incorrecta de este concepto, y en especial, la dificultad que parece presentar la adecuada aprehensión de los factores que influyen en la caracterización de esta magnitud, y que son acordes con las dificultades de aprendizaje sobre las

disoluciones puestas de manifiesto en el capítulo V, y sobre las que existen abundante literatura (Berg, 2012; Blanco, 2000; Stavy, 1981). A pesar de todo, no creemos necesario modificar estas actividades de la secuencia pero sí aumentar el tiempo dedicado a su gestión en el aula, para mejorar el conocimiento y comprensión de este concepto.

7.1.3.2. Análisis de las respuestas de los estudiantes a la prueba: bloque I.

La consideración de la identificación de cuestiones científicas como una de las competencias propuestas por PISA en ciencias (OCDE, 2006) supone una idea novedosa en el ámbito de la Didáctica de la Ciencias Experimentales. Si atendemos a los procesos que PISA incluye como parte de esta competencia podemos reconocer dos aspectos diferentes que no parecen, de entrada, muy relacionados entre sí.

Por un lado, los relacionados con el conocimiento y habilidades sobre la naturaleza de la ciencia, que incluirían aspectos tales como el reconocimiento de cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente y de los rasgos clave de la investigación científica (tareas de evaluación 3 y 9). Hoy en día está plenamente asumido, desde la enseñanza de las ciencias la importancia de estas cuestiones como parte de una formación científica deseable para todos los ciudadanos con independencia de su trayectoria académica (Acevedo, 2004).

Por otro lado, los relacionados con la identificación de términos clave para la búsqueda de información científica (tarea 7), aspectos que pueden entenderse de carácter más general, pero que también se consideran fundamentales hoy en día como parte de la competencia científica básica deseable en los ciudadanos (Blanco *et al.*, 2015).

Desde el ámbito de la Didáctica de las Ciencias nos encontramos, por tanto, con más referencias documentales que fundamenten el análisis de los resultados con relación al primero de estos aspectos (tareas 3 y 9), pero no tanto para el segundo de ellos (tarea 7).

Resultados de la tarea de evaluación núm. 3

Recordamos que esta tarea versa sobre el conocimiento de los estudiantes acerca de los modelos científicos. Durante la secuencia didáctica implementada los participantes se familiarizaron con dos ideas básicas sobre los modelos científicos: la consideración del modelo como representación –qué es– y su utilidad en la construcción de explicaciones científicas –para qué–, que constituyen dos dimensiones clave según la literatura consultada (Treagust *et al.*, 2002).

Consideramos que una adecuada respuesta debe reflejar ambas dimensiones, y en este sentido se espera que los estudiantes utilicen adecuadamente el concepto de modelo desde el punto de vista de la ciencia, distinguiéndolo de cualquier otra acepción manejada en la vida cotidiana; de la misma manera, se espera que los estudiantes reconozcan en los modelos científicos una herramienta al servicio de la ciencia para producir una explicación satisfactoria en una determinada situación–problema.

Para la valoración de esta tarea se comenzó analizando las respuestas de los estudiantes a las dos cuestiones planteadas, utilizando como referente para la categorización el estudio llevado a cabo por Pérez, Mazzarella y Ojeda (2013). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.16, con indicación de la frecuencia asociada, aunque debemos precisar que una respuesta podría encontrarse codificada en varias de las subcategorías posibles.

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	f
CONCEPCIÓN ¿Qué es un modelo científico?	Es una representación (simple, sencilla, idealizada, gráfica).	16
	Es un proceso (para llegar a conclusiones).	1
	Es un proyecto para ver lo que pasa.	1
	Algo que los científicos pueden hacer.	1
	Un ejemplo a seguir.	1
	No contesta / No define.	5
UTILIDAD ¿Para qué se utilizan los modelos en Química?	Entender / Comprender algo.	12
	Realizar predicciones / previsiones.	11
	Para explicar fenómenos o cosas.	10
	Describir algo.	10
	Representar algo.	8
	Para investigar / estudiar / analizar / llegar a una conclusión.	4
	Para comprobar algo (ver lo que pasa).	2
	Sirven como referencia / como ejemplo.	2
	Otras (sin sentido).	2

Tabla 7.16. Sistema de categorías detectadas en las respuestas de los estudiantes (tarea 3).

Como se observa, se consideran dos categorías principales. La primera, a la que hemos denominado *Concepción*, surge del análisis de la pregunta *¿Qué es un modelo científico?* y contiene las principales ideas que manejaron los participantes sobre el concepto de modelo, siendo el carácter representacional de los mismos la idea más utilizada, como muestran los siguientes extractos de respuestas. Así para el estudiante E21: «Un modelo científico es una representación sencilla...»; para E11: «Es una “imagen”...»; mientras que para E03: «Una representación idealizada...».

Del análisis de la cuestión *¿Para qué se utilizan los modelos en Química?*, surge la segunda categoría, que hemos denominado *Utilidad*. En este caso, los usos relacionados con “entender/comprender, realizar previsiones y explicar” son, respectivamente, los más frecuentemente citados por los estudiantes. Seguidamente se muestran algunas respuestas a modo de ejemplo: «Se utilizan para explicar y comprender un fenómeno que no se puede observar directamente» (estudiante E22); «Para explicar las ideas sobre algo (...) cuya existencia solo la podemos imaginar» (estudiante E16); «hacer previsiones de la estructura de los objetos y procesos que muchas veces son desconocidos» (estudiante E19).

En tabla 7.16 se indican otros “usos” aunque con una menor frecuencia en las respuestas: investigar, analizar, comprobar, etc. Puede constatar que solo cuatro estudiantes hicieron referencia a significados cotidianos del término modelo (como referencia o

modelo a seguir): «Los modelos en química se utilizan para tener de referencia algo, para ir siguiendo los pasos» (estudiante E21).

En este mismo orden de cosas debemos indicar que, en relación a las categorías *Concepción* y *Utilidad* de los modelos científicos, los resultados encontrados concuerdan con algunos estudios consultados, y en particular por los realizados por Treagust, Chilleborough y Mamiala (2007). Para analizar en qué medida los estudiantes habían asumido las ideas básicas sobre lo que son los modelos en ciencia y sus posibles usos abordados de manera explícita durante el desarrollo de la secuencia, se propusieron los siguientes dos indicadores de análisis:

- A. Reconocer el carácter de representación en la concepción de la idea de modelo científico (dimensión A).
- B. Identificar la utilidad que tienen los modelos científicos para explicar, comprender, describir o hacer predicciones (dimensión B).

En la tabla 7.17 se muestra la aplicación de estos criterios de valoración a las respuestas de los participantes.

ALUMNO/A	INDICADORES DE VALORACIÓN				
	A	B1	B2	B3	B4
	REP	EXP	COM	DES	PRE
E01	S	N	N	N	N
E02	S	N	N	N	N
E03	S	S	S	N	N
E04	S	N	N	N	N
E05	S	S	S	S	N
E06	S	N	N	S	N
E07	N	N	S	N	N
E08	S	N	N	S	S
E09	S	N	N	N	N
E10	S	N	N	N	N
E11	S	S	N	N	N
E12	S	N	N	N	N
E13	N	N	N	N	N
E14	N	N	N	N	N
E15	S	N	N	S	S
E16	S	S	S	S	N
E17	S	S	N	S	S
E18	S	S	S	S	S
E19	S	N	N	S	S
E20	N	N	S	N	N
E21	S	N	N	S	N
E22	S	S	S	N	N
E23	S	S	S	S	S
E24	N	S	S	N	N
E25	S	N	N	N	N
Total	20 ⁽¹⁾	9	9	10	6

⁽¹⁾Nota: los resultados numéricos contabilizan el número de síes.

Tabla 7.17. Desempeño en las respuestas de los estudiantes (tarea 3).

La columna “del indicador A” informa sobre la referencia explícita (S/N) en las respuestas de los estudiantes al carácter representacional (REP) de los modelos, mientras que el resto de columnas (indicadores B1 a B4) informa sobre si la respuesta contiene referencias a la utilización de los modelos científicos, en términos de: explicar (EXP), comprender (COM), describir (DES) o realizar previsiones/predicciones (PRE) según la terminología utilizada por los estudiantes. Debe entenderse que una respuesta puede contener referencias a varias de estas ideas, como queda reflejado en la tabla mencionada.

De estos resultados se desprende que la primera cuestión obtuvo un mejor resultado, pues 20 estudiantes reconocieron de manera explícita en los modelos científicos algún tipo de representación de la realidad (dimensión A). Por contra, la segunda cuestión en torno a los posibles usos de los modelos (dimensión B), mostró un rendimiento menor, con las funciones de “describir, explicar y comprender” como las más citadas por los estudiantes. En consecuencia, resultó más complejo para los estudiantes indicar la utilidad de los modelos científicos que describir en qué consisten, aunque sobre ambos aspectos se hizo mención explícita en la actividad A.3.5.

Con objeto de valorar la calidad global de las respuestas de los estudiantes estas se categorizaron en tres niveles, de acuerdo a la presencia o no de las dos dimensiones de análisis, distribución que se indica en la tabla 7.18.

Nivel III	Nivel II	Nivel I
Aparecen las dos dimensiones (A + B)	Aparece solo una dimensión (A o B)	No aparece ninguna
14	9 (8 para A)	2

Tabla 7.18. Núm. de estudiantes distribuidos por categorías de análisis (cuestión 3).

Entendemos que una respuesta completa debe contener de manera explícita referencias a ambas dimensiones, o en otras palabras debe incluir el carácter representacional de los modelos científicos y alguna de sus utilidades. En este sentido, 14 estudiantes manejaron las dos dimensiones analizadas (A y B), mientras que nueve estudiantes contemplaron solo una de ellas (ocho de ellos citaron la dimensión A y uno la B). Finalmente, indicar que dos estudiantes no respondieron a las preguntas planteadas.

A modo de ejemplo, en la figura 7.19 se muestra la respuesta del estudiante *E17* donde se observan claramente las dos dimensiones de análisis consideradas, aunque las referencias a los posibles usos y utilidades de los modelos aparecen indistintamente en ambas cuestiones.

3.- En la cuestión anterior se utiliza un modelo de partículas para explicar cómo se disuelve la sal común en el agua.

a) ¿Qué es un modelo científico.

En química, con la palabra "modelo" nos referimos a una representación sencilla que se utiliza para describir y hacer previsiones de la estructura de un objeto y de procesos muchas veces desconocidos.

b) ¿Para qué se utilizan los modelos en Química?

Los modelos se utilizan para explicar y comprender fenómenos de no podemos observar directamente.

Figura 7.19. Respuesta de E17 a la tarea 3.

De la misma manera en la figura 7.20 se muestra la respuesta de E10 quien solo alude a la definición de modelo (dimensión A) sin citar ninguno de los aspectos relacionados con su utilidad: explicar, comprender, describir y prever.

a) ¿Qué es un modelo científico.

Es un modelo que sirve para representar algo.

b) ¿Para qué se utilizan los modelos en Química?

Se utilizan para representar la estructura de algo.

Figura 7.20. Respuesta de E10 a la tarea 3.

Finalizamos este análisis realizando algunas consideraciones acerca de esta tarea de evaluación. En primer lugar, indicar que se plantean dos cuestiones bastante clásicas en su presentación y redacción, en el sentido de que permiten respuestas muy reproductivas de los contenidos trabajados en el aula en relación a los modelos científicos, y que no parecieron plantear excesiva dificultad a los estudiantes a tenor de los resultados encontrados. Los dos aspectos trabajados en el aula sobre los modelos científicos (definición y utilidad) se encuentran ampliamente representados en las respuestas de los estudiantes, aunque se obtuvo un mejor rendimiento en relación al primer aspecto.

En la manera y formato presentados esta actividad de evaluación resultó poco apropiada al propósito de valoración del grado de desempeño de competencias científicas, aunque trate aspectos relacionados con el conocimiento de la naturaleza de la ciencia. No obstante, conviene recordar que uno de los criterios de elaboración de la prueba de evaluación escrita –criterios e, véase epígrafe 7.1.1.1– hacía referencia a que el grado de novedad de la prueba en su conjunto no fuese excesivamente alto, lo que implicaba que algunas de las cuestiones de la misma debían de tener un formato más parecido a las actividades y tareas a las que estaban habituados los estudiantes.

A tenor de lo indicado creemos justificado, desde el punto de vista de una evaluación de competencias, mejorar el diseño de este ítem reformulando la manera en que se presenta al estudiante. Al respecto, se podría incluir algunas situaciones relacionadas con el empleo de las disoluciones, o en general, sobre el agua de bebida embotellada, para que el estudiante justifique en cuáles de ellas se precisa para su adecuada comprensión el uso de modelos, valorando de esta manera su utilidad. O quizá, plantear la utilización de modelos para explicar o predecir algunos fenómenos relacionados.

Sin embargo, no creemos necesario incluir más actividades en la secuencia sobre el concepto de modelo, teniendo en cuenta que el análisis de este tópico no forma parte de los objetivos de la misma. En cambio, sí debe valorarse la posibilidad de completar las actividades existentes incluyendo algunas estrategias que fomenten la “competencia sobre modelización” (Aragón, Oliva y Navarrete, 2014; Halloun, 2007), o que puedan ayudar en la enseñanza de este concepto, como podría ser el uso de analogías al estilo que plantean Raviolo, Ramírez y López (2010) o el profesor Oliva (2011).

Resultados de la tarea de evaluación núm. 7

Como se recordará, en esta tarea de evaluación se plantean cuatro opciones de respuesta cada una de las cuales propone posibles repercusiones asociadas con el consumo de agua de bebida embotellada, de manera que el estudiante, tras la lectura de un texto breve, debe elegir una de estas opciones como la más adecuada. En la segunda parte de la actividad, el estudiante debía encontrar las razones que se manejan en el texto para justificar la opción elegida.

Como etapa previa a la valoración de las respuestas se procedió a analizar el grado de adecuación de cada una de las opciones de respuesta teniendo en cuenta el tipo de información que se suministra en el texto. En particular, se analizó qué tipo de problema planteaban, qué factores o elementos se identificaban para cada problema y cómo estos eran mencionados en el texto. Esta herramienta de análisis se presenta en la tabla 7.19.

OPCIONES DE RESPUESTA	FACTORES QUE INTERVIENEN	¿SE CITAN EN EL TEXTO?	FORMA DE MENCIÓN
A. Transportar agua es muy caro.	Transporte del agua.	Sí	Explícita.
	Coste del transporte.	No	Podría inferirse.
B. Es muy difícil reciclar las botellas de plástico.	Reciclado de las botellas.	Sí	Explícita.
	Dificultad del reciclado.	No	No se menciona.
C. Consumir agua embotellada aumenta el gasto de energía.	Consumo de agua.	Sí	Explícita.
	Gasto de energía.	Sí	Implícita.
D. Los manantiales pueden secarse por el gran consumo de agua embotellada.	Elevado consumo.	No	No se menciona.
	Agotamiento de los manantiales.	No	No se menciona.

Tabla 7.19. Análisis de las opciones de respuesta presentadas en la tarea 7.

A partir de esta herramienta de análisis, en la tabla 7.20 se ha establecido el orden en que cada opción de respuesta, en nuestra opinión, refleja mejor el grado de síntesis y adecuación a la información presentada en la actividad, con algunos comentarios al respecto.

1. Opción C	Consumir agua embotellada aumenta el gasto de energía.
Se mencionan los dos factores intervinientes aunque uno de ellos de forma implícita.	
2. Opción A	Transporta agua es muy caro.
Se menciona el “factor transporte” pero no se menciona el “factor coste”, aunque este último podría inferirse.	
3. Opción B	Es muy difícil reciclar las botellas de plástico.
Se menciona el “factor reciclado” de forma explícita.	
4. Opción D	Los manantiales pueden secarse por el gran consumo de agua embotellada.
No se menciona ninguno de los dos factores.	

Tabla 7.20. Adecuación de las opciones de respuesta (tarea 7).

A partir de este análisis previo, consideramos que el objetivo de la actividad es que el estudiante llegue a establecer la relación entre el consumo de agua embotellada y el despilfarro energético (opción C) y trate de justificar su elección. Indicamos al respecto que esta es la opción que aparece explícitamente como respuesta deseable en el informe sobre la pruebas de evaluación diagnóstica realizados en el País Vasco en 2009 (Departamento de Educación, 2009) de las que se tomó este ítem de evaluación tal como se indicó en su momento.

En la tabla 7.21 se muestran las opciones de respuesta elegidas por los estudiantes con indicación de su frecuencia.

ALUMNO/A	OPCIÓN ELEGIDA			
	A	B	C	D
E01	--	X	--	--
E02	--	X	--	--
E03	--	--	X	--
E04	--	--	X	--
E05	--	--	X	--
E06	--	--	X	--
E07	--	--	X	--
E08	--	--	X	--
E09	--	--	X	--
E10	--	--	X	--
E11	--	--	X	--
E12	--	--	X	--
E13	X	--	--	--
E14	X	--	--	--
E15	--	--	X	--
E16	--	--	X	--
E17	--	--	X	--
E18	--	--	X	--
E19	--	--	X	--
E20	--	X	--	--
E21	--	--	X	--
E22	--	--	X	--
E23	--	--	X	--
E24	--	X	--	--
E25	X	--	--	--
Total	3	4	18	0

Tabla 7.21. Respuestas de los estudiantes (tarea 7).

Como se observa, la mayoría del grupo, 18 estudiantes, eligió la opción C como la respuesta más adecuada, frente a cuatro que eligieron la opción B y tres la opción A, mientras que la opción D no fue elegida por ningún estudiante. Comentaremos, a continuación, la distribución de respuesta de los estudiantes.

Respuestas de los estudiantes a la opción C

Como se acaba de indicar, se considera que esta opción es la más adecuada de las cuatro presentadas. Recordamos que son dos los motivos que pueden encontrarse en el texto relacionados con esta opción (véase tabla 7.19):

- A. Elevado crecimiento en el consumo de agua de bebida embotellada, citado de forma explícita en el primer párrafo.
- B. Gasto energético asociado al transporte y envasado del agua, al cual se hace referencia de forma tácita al mencionar el proceso de extracción, embotellada y transporte del agua.

La presencia, o no, de estos factores en las respuestas se utiliza como indicador para valorar la capacidad del estudiante de resolver cualitativamente la situación presentada, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 7.22. Se entiende que la columna A informa si los estudiantes justifican o no la opción elegida (S/N) en base al crecimiento en el consumo de agua embotellada, mientras que la columna B si lo hacen en base a un mayor gasto energético, mostrándose en este caso, con B1 si tal gasto se relaciona con el transporte y con B2 si hace referencia al envasado del agua (la frecuencia que se indica se refiere al número de respuestas afirmativas).

ALUMNO/A	INDICADORES DE VALORACIÓN		
	A	B1	B2
E03	N	S	S
E04	N	S	S
E05	N	N	N
E06	N	S	N
E07	N	S	N
E08	N	S	S
E09	S	N	N
E10	N	S	S
E11	N	N	N
E12	N	S	N
E15	N	S	N
E16	N	S	S
E17	N	S	S
E18	N	S	S
E19	N	S	N
E21	N	N	N
E22	S	S	S
E23	N	S	N
Total	2	14	8

Tabla 7.22. Desempeño en las respuestas de los estudiantes (opción C).

A pesar de que el importante crecimiento en el consumo mundial de agua de bebida embotellada es un dato de interés, que se cita expresamente en el texto, los estudiantes no “vieron el problema” asociado con esta situación, pues solo dos de ellos mencionaron esta primera causa y sin la cual no tendría sentido hablar de despilfarro energético basada en el aumento del consumo. La presencia del segundo factor –gasto energético– resultó más obvia, pues 14 estudiantes lo citaron en sus respuestas, aunque solo ocho de ellos mencionaron los dos aspectos implicados (en relación al transporte y embotellado del agua). Nos resulta curioso que el factor mencionado en el texto sea el menos utilizado por los estudiantes, pues el más mencionado en las respuestas, al no ser explícito, exigía aplicar el razonamiento a partir de la información presentada.

Para valorar la adecuación de las respuestas se utilizó como parámetro el número de factores utilizados por los estudiantes en sus justificaciones, es decir, el número de razones manejadas para sustentar la conclusión obtenida, de forma similar a como se pro-

cedió en el análisis de la tarea de evaluación 3. De esta manera, se agruparon las respuestas de los estudiantes en los tres niveles que se muestran en la tabla 7.23.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
No maneja ninguno	Maneja un solo factor (A o B)	Maneja los dos factores (A + B)
3	14 (1 el A; resto B)	1

Tabla 7.23. Niveles en las respuestas de los estudiantes (tarea 7).

De los 18 los estudiantes que eligieron la opción C como la más adecuada, solo uno de ellos citó los dos factores o motivos aportados en el texto para justificar su elección: aumento del consumo y gasto energético. Es el caso de *E22* (figura 7.21).

¿Cuál de los siguientes problemas resumiría de forma más completa lo que se trata en el texto anterior?

- A. Transportar agua es muy caro.
- B. Es muy difícil reciclar las botellas de plástico.
- ☒ C. Consumir agua embotellada aumenta el gasto de energía.
- D. Los manantiales pueden secarse por el gran consumo de agua embotellada.

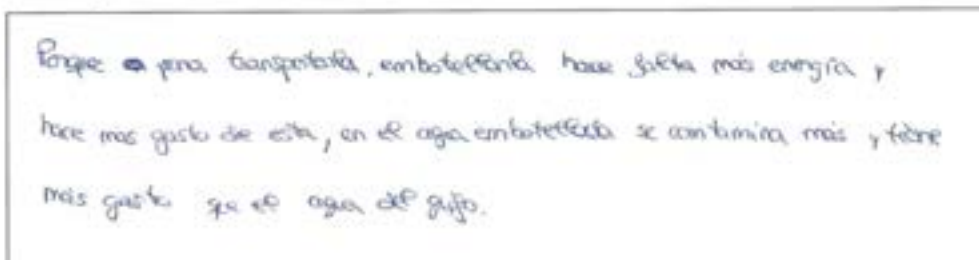
Justifica tu respuesta.

Pues si pagas cuánto más agua consumas más botellas se gastan y más energía se gastan en hacer nuevas botellas se gastan también para extraer el agua del pozo manantial y energía para empujar a miles de kilómetros

Figura 7.21. Respuesta de E22 a la tarea 7 (nivel III).

En el nivel II se sitúan los 14 estudiantes que explicaron sus respuestas teniendo en cuenta solo uno de estos motivos, aunque a tenor de los resultados el gasto energético resultó la razón más obvia. Mostramos, como ejemplo la respuesta del estudiante *E04* (figura 7.22).

Justifica tu respuesta.

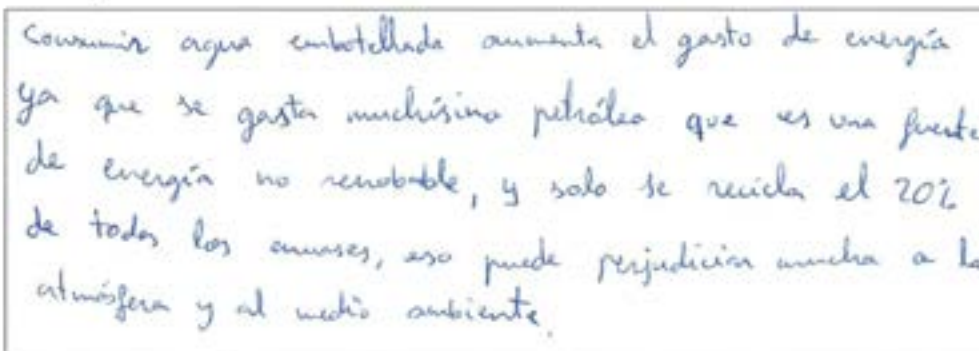


Porque para transportarla, embotellarla hace falta más energía y hace más gasto de esta, en el agua embotellada se continúa más y tiene más gasto que el agua del grifo.

Figura 7.22. Respuesta de E04 a la tarea 7 (nivel II).

En el nivel I se encuentran los tres estudiantes que trataron de explicar sus respuestas sin explicitar ninguno de estos motivos o sin fundamentar su elección: «Yo he elegido esta respuesta porque pienso que es la correcta, que sería la que define a este texto» (estudiante E05). En la figura 7.23 se muestra otro ejemplo con la respuesta de E11.

Justifica tu respuesta.



Consumir agua embotellada aumenta el gasto de energía ya que se gasta muchísima petróleo que es una fuente de energía no renovable, y solo se recicla el 20% de todas las amuses, eso puede perjudicar mucho a la atmósfera y al medio ambiente.

Figura 7.23. Respuesta de E11 a la tarea 7 (nivel I).

Respuestas de los estudiantes a las opciones A y B

Como se comentó durante la descripción de la tarea, estas opciones no pueden considerarse incorrectas, pues representan problemáticas sobre el consumo de agua embotellada citadas en el texto, aunque deben considerarse menos adecuadas según el análisis de idoneidad presentado anteriormente.

Recordemos que fueron siete los estudiantes que no eligieron la opción considerada más adecuada (opción C: *aumento de gasto de energía*). De la lectura de sus respuestas se desprende que no captaron adecuadamente el sentido general del texto, pues no consta referencia alguna al coste energético implicado en el consumo de agua embotellada.

Seguidamente se incluyen algunos extractos de las respuestas de los cuatro estudiantes que eligieron la opción B (*es muy difícil reciclar las botellas de plástico*) [se han corregido errores ortográficos]:

E01: «La he elegido porque pone que la mayor parte de los envases terminan en la basura y que solo se ha reciclado el 20 %».

E02: *«Creo que es el tema más importante, se contamina mucho con las botellas de plástico. Como dice en el texto tarda años en desaparecer completamente».*

E20: *«Pues porque el texto dice, sobre todo en los dos últimos párrafos, que es difícil consumir ese plástico de las botellas. Es difícil reciclarlas. Yo también pienso lo mismo».*

E24: *«Solo se recicla un 20 %, el resto son abandonadas y tardan miles de años en desaparecer por completo».*

De la misma manera, se presentan algunos extractos de respuestas de los tres estudiantes que eligieron la opción A (Transportar agua es muy caro) [se han corregido errores ortográficos].

E13: *«Ya que puede ocasionar bastante problemas, produce contaminación, se utiliza petróleo».*

E14: *«Porque ha crecido el precio mucho durante estos años».*

E25: *«Porque se envía a miles de kilómetros para su venta e incluye el uso de combustibles fósiles en el transporte».*

Otras consideraciones sobre las respuestas

Algunas de las justificaciones empleadas por los estudiantes, independientemente de la opción de respuesta escogida, hacían referencia a los problemas medioambientales. En concreto, a los derivados del aumento del número de envases de plástico que no se reciclan (aspecto que se menciona explícitamente en el texto) y la contaminación atmosférica por el uso de combustibles fósiles en el transporte (aspecto igualmente citado en el texto). Finalmente destacar que para algunos estudiantes, el proceso de justificación consistió en la copia de algunos extractos literales del texto, a veces sin demasiada coherencia.

Esta tarea de evaluación no quedaba vinculada, de manera directa, con ninguna de las actividades de la secuencia; desde el punto de vista de su demanda competencial nos muestra cómo el estudiante debe hacer uso y comprender la información presentada en un texto para solucionar cualitativamente algunos problemas del contexto empleado. Los resultados obtenidos muestran que la actividad no resultó excesivamente complicada para la mayoría de los estudiantes, en el sentido de que escogieron la opción más adecuada según lo indicado en el texto —que no era otra que relacionar el consumo de agua de bebida embotellada— con el despilfarro energético.

No obstante, creemos necesario ayudar a los estudiantes a mejorar la calidad de las justificaciones aportadas. A tal fin, debe considerarse realizar un trabajo más explícito en el aula, por ejemplo, trabajando con los estudiantes qué información suministrada en un texto puede utilizarse con carácter de evidencia o prueba para sustentar la conclusión

obtenida. Volveremos a plantear esta situación más adelante, al presentar los resultados del bloque U.

Resultados de la tarea de evaluación núm. 9

Reconocer qué tipo de afirmaciones sobre el agua de bebida embotellada, de las presentadas en esta tarea de evaluación, podrían ser objeto de estudio desde la ciencia es el objetivo de este ítem. En la tabla 7.24 se indica la distribución de las respuestas de cada uno de los estudiantes sobre si las afirmaciones presentadas se podían o no ser investigadas científicamente (S/N).

ALUMNO/A	¿SE PUEDE INVESTIGAR CIENTÍFICAMENTE?									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
E01	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E02	S	N	N	S	S	S	S	N	N	N
E03	S	S	S	N	N	S	S	S	N	N
E04	S	N	N	N	N	S	S	S	N	N
E05	S	S	N	N	N	S	S	N	N	N
E06	S	N	N	N	N	S	S	N	N	N
E07	S	N	N	S	N	S	S	S	N	N
E08	S	N	N	N	N	S	S	S	N	N
E09	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E10	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E11	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E12	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E13	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E14	S	S	N	N	N	S	S	N	N	N
E15	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E16	S	N	N	N	N	S	S	N	N	N
E17	S	S	S	N	N	S	S	N	N	N
E18	S	S	S	N	N	S	S	S	N	N
E19	S	S	S	N	N	S	S	S	N	N
E20	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E21	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E22	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N
E23	S	N	S	N	N	S	S	S	N	N
E24	S	S	S	N	N	S	S	S	N	N
E25	S	S	N	S	N	S	S	N	N	N

Tabla 7.24. Respuestas de los estudiantes (tarea 9).

Como se aprecia, existe acuerdo unánime para cinco de las afirmaciones planteadas: las opciones a), f) y g) fueron consideradas científicamente comprobables por todos los estudiantes, mientras que las cuestiones i) y j) se etiquetaron en la categoría opuesta. Además, se evidenció un alto consenso para otras dos afirmaciones; en este caso, las opciones d) y e) fueron elegidas como no investigables por 22 y 23 de los participantes respectivamente. Sin embargo, tres afirmaciones, b) c) y h) registraron una distribución

menos simétrica en las respuestas, lo que parece indicar que estos aspectos (salud, coste y calidad) resultaron más confusos para los estudiantes.

En la tabla 7.25 se resume la opinión de los estudiantes con indicación de la frecuencia de respuesta.

AFIRMACIONES DEL CATÁLOGO	¿ES INVESTIGABLE CIENTÍFICAMENTE?	
	SI	NO
a) Tiene menos cal.	25	0
b) Es más sana.	18	7
c) La tomo por el precio.	6	19
d) Tiene mejor sabor.	3	22
e) La tomo por comodidad.	2	23
f) Tiene más sales minerales.	25	0
g) Es más pura.	25	0
h) Tiene más calidad.	18	7
i) Me gusta más.	0	25
j) La tomo por los anuncios.	0	25

Tabla 7.25. Frecuencia encontrada en las respuestas de los estudiantes (tarea 9).

Los resultados ponen de manifiesto que aquellos aspectos relacionados con la presencia de cal y sales minerales o la “pureza” del agua –en el sentido de ausencia de contaminantes o sustancias añadidas al agua de bebida y no en un sentido químico del término–, fueron claramente considerados como “investigables” por la totalidad de los participantes.

Los estudiantes interpretaron, de manera correcta, que todos aquellos interrogantes sobre el agua embotellada que pudieran relacionarse de una u otra forma con aspectos físico-químicos o sanitarios, como composición, presencia de microorganismos o de sustancias perjudiciales, etc., podían resolverse acudiendo a la ciencia, pues podían contrastarse en base a datos o pruebas de carácter científico.

De la misma manera, los interrogantes basados en aspectos más subjetivos, “más personales” fueron considerados como científicamente no contrastables por todos los estudiantes: es el caso del consumo de agua basado en el sabor o la comodidad. Entre ambos extremos se sitúan afirmaciones con referencias a la salud (es más sana) o la calidad, evidenciando que no resultó tan sencillo para los estudiantes identificar datos o evidencias objetivas sobre estos aspectos.

A modo de ejemplo, mostramos en la figura 7.24 la respuesta del estudiante *E04* a la cuestión planteada.

9.- A continuación, se indica una serie de afirmaciones relacionadas con el agua embotellada:

a) Tiene menos cal	f) Tiene más sales minerales
b) Es más sana	g) Es más pura
c) La tomo por el precio	h) Tiene más calidad
d) Tiene mejor sabor	i) Me gusta más
e) La tomo por comodidad	j) La tomo por los anuncios

Clasifica las anteriores afirmaciones en una de las dos columnas siguientes:

SÍ pueden ser investigadas científicamente	NO pueden ser investigadas científicamente
a) b)	b) / c) / d) / e) / i) / j)
s)	
ó)	

Justifica tu respuesta.

<p>Porque hay algunas cosas sobre el agua que sí se pueden averiguar si se analizan y comparan sus propiedades, en cambio hay otras que no se pueden averiguar químicamente porque eso depende de la opinión de cada persona... etc.</p>
--

Figura 7.24. Respuesta del estudiante E04 (tarea 9).

La naturaleza de la pregunta solo permitió indagar de forma global en las razones utilizadas por los estudiantes para justificar su clasificación, esto es, para decidir por qué ciertas cuestiones podían abordarse científicamente y otras no. Un extracto significativo se muestra en la tabla 7.26.

SÍ SE PUEDEN INVESTIGAR PORQUE	NO SE PUEDEN INVESTIGAR PORQUE
Se puede comprobar.	Es lo que creemos.
Se puede analizar.	Depende de la opinión de cada persona.
Se puede someter a pruebas para demostrar con certeza lo que se dice.	Cuestión de gusto.
Se puede demostrar con certeza.	No se pueden probar.
Se puede averiguar.	Son razones personales.
La ciencia ha avanzado.	Es subjetivo.
Hay más "preparos".	No se pueden demostrar.
Se pueden hacer experimentos.	No se pueden probar.
	Depende de lo que pienses.

Tabla 7.26. Razones aportadas por los estudiantes (tarea 9).

Debemos considerar este catálogo de razones suficientemente extenso, lo que parece evidenciar que los estudiantes, en términos generales y en el contexto empleado, entendieron bien la diferencia entre cuestiones de tipo científico de aquellas que no lo son. No obstante, opinamos que este ítem de la prueba podría mejorarse a partir de los resultados obtenidos. En particular, resultaría apropiado solicitar al estudiante que manifieste, para cada afirmación, las razones por las que considera que puede o no ser contrastada

científicamente, aportado incluso algún tipo de estrategia para su validación. Por extensión, debemos suponer que las actividades de la secuencia relacionadas con el reconocimiento de cuestiones investigables funcionaron bien en el aula, a tenor de los resultados obtenidos. Sin embargo, podría valorarse la inclusión de algunas actividades para que sean los propios estudiantes quienes propongan posibles preguntas investigables y cómo hacerlo.

7.1.3.3. Análisis de las respuestas de los estudiantes a la prueba: bloque U

Resultados de la tarea de evaluación núm. 5

En esta tarea de evaluación se presenta al estudiante un análisis químico estándar de los que puede encontrarse en cualquier etiqueta de agua mineral natural, de acuerdo con la normativa vigente al respecto (Ministerio de la Presidencia, 2011a), y que suministra una colección de datos que informa sobre la composición química del agua embotellada. En este caso, los datos suministrados en la actividad tienen carácter de prueba en el sentido de que los estudiantes pueden apelar a ellos para evaluar o comprobar si el enunciado presentado *agua pura verdaderamente pura* es cierto desde el punto de vista químico, lo que por otro lado constituye la conclusión que se espera que el estudiante presente. No obstante, para ser considerada una “buena respuesta” se requiere que el estudiante coordine la conclusión obtenida con los datos suministrados y justifique cómo a partir de los mismos se puede establecer dicha conclusión.

En la figura 7.25 se han representado todos estos elementos (datos, pruebas y justificaciones) utilizando el formato propuesto por Toulmin (Toulmin, 1958; citado por Jiménez Alexandre, 2010) y que se utilizará como herramienta para el análisis de las respuestas de los estudiantes.

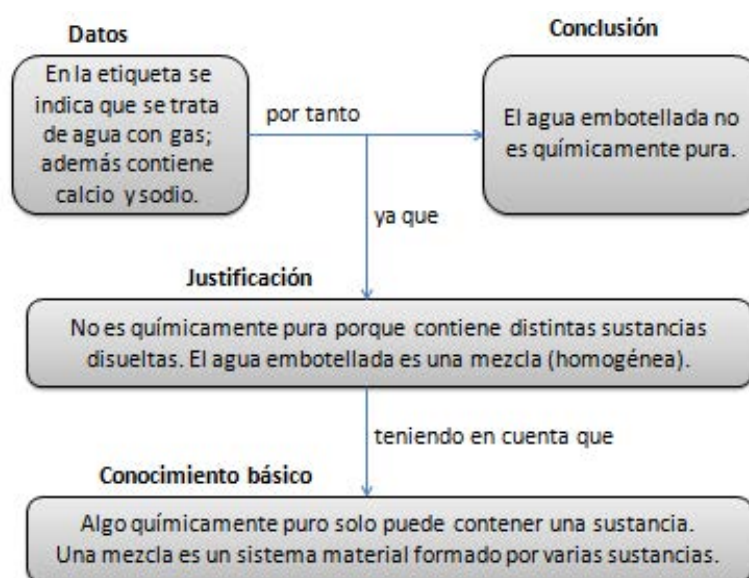


Figura 7.25. Esquema de Toulmin para el análisis de los argumentos (tarea 5).

El análisis de las respuestas se muestra en la tabla 7.27 donde se recogen, en muchos casos literalmente, las conclusiones, justificaciones y manejo de pruebas utilizadas por los estudiantes.

ALUMNO/A	CONCLUSIÓN	JUSTIFICACIÓN Conocimiento básico	PRUEBAS
E01	No.	Tiene más de una sustancia.	Sodio y calcio.
E02	No creo.	-----	-----
E03	No a nivel químico.	Sustancia pura es la que está formada por solo una sustancia.	Además de agua contiene calcio y magnesio.
E04	En términos científicos no.	Formada por varias sustancias.	-----
E05	En términos científicos no es pura.	El agua pura es aquella que solo está formada por agua.	-----
E06	No.	Una sustancia pura es cuando está formada por solo una.	-----
E07	No sería verdaderamente pura.	No es agua sola.	Lleva sodio y calcio.
E08	No es pura.	Formada por varias sustancias.	Proteínas, calcio, sodio.
E09	No es pura.	Pura significa que sólo está compuesta por agua y esta tiene más componentes.	-----
E10	No.	Está formada por más de una sustancia. No es pura.	-----
E11	No.	Su composición varía, no es agua pura.	Tiene calcio y sodio y tiene gas.
E12	No es pura.	Contiene más de una sustancia.	Contiene calcio y sodio.
E13	No es totalmente pura.	No hay agua totalmente pura.	Contiene calcio y sodio.
E14	Yo creo (pienso) que no es pura.	-----	Contiene sodio y calcio.
E15	No.	Contiene otras sustancias.	Contiene calcio y sodio.
E16	No.	Sería una mezcla homogénea (no se puede diferenciar el tipo de sustancias que lleva).	Contiene calcio y sodio.
E17	Químicamente no es pura.	Está formada por más de una sustancia. Para que fuera pura tendría que ser una sola sustancia.	-----
E18	No es "agua pura".	No es pura, es una mezcla, una mezcla homogénea.	Contiene (calcio y sodio).
E19	Yo creo que no.	Tiene más de una sustancia, no está constituida por sólo una.	-----
E20	No.	-----	Lleva gas.
E21	No es pura.	Formado por más de una sustancia.	-----
E22	No.	Una sustancia pura es la que está compuesta sólo por una sustancia.	Tiene otros complementos (proteínas, energía).
E23	Químicamente no es pura.	No está compuesta por una única sustancia.	-----
E24	No.	Tiene otras sustancias	Tiene energía, proteínas, calcio y sodio.
E25	En mi opinión no.	Contiene otras sustancias (está mezclado).	Contiene calcio y sodio.

Tabla 7.27. Respuestas de los estudiantes (tarea 5).

A continuación, se procede a analizar los argumentos ofrecidos por los estudiantes, utilizando la propuesta metodológica de Bravo y Jiménez (2013) por la cual se comienza analizando las conclusiones y a continuación las justificaciones y pruebas, de forma conjunta.

Con relación a las conclusiones, se puede distinguir dos posibles categorías, de acuerdo a la forma en que los estudiantes presentaron la conclusión alcanzada, tal como se resume en la tabla 7.28, y que pasamos a comentar brevemente.

CATEGORÍAS	$f^{(*)}$
A. Conclusión con carácter específico (ámbito de la química)	5
B. Conclusión no específica	20

(*)Aclaración: frecuencia de respuesta.

Tabla 7.28. Formas de establecer la conclusión (tarea 5).

La primera categoría (conclusión específica) incluye aquellas respuestas que interpretan que el enunciado suministrado es correcto solo en el sentido químico del término “pura”, y así lo matizan. Se infiere que el estudiante admite la utilización de este mismo término en otros ámbitos y con otros significados, por lo que consideramos que se trata de la forma más adecuada de presentar la conclusión. En este sentido, debemos recordar que la diferenciación de significados del concepto de pureza en la vida diaria y en la química fue objeto de atención expresa en la secuencia didáctica (véase, por ejemplo, actividad A.2.2). En esta categoría se encuentra el estudiante *E17*: «*Coloquialmente, el agua es pura según como piense cada consumidor, pero químicamente no es pura...*»; de la misma manera para *E03*: «*No en cuanto a nivel químico, desde el punto de vista químico aunque sí podría ser en un término coloquial*».

La segunda categoría (conclusión no específica) incluye aquellas respuestas que no matizan el ámbito de validez de la conclusión obtenida, limitándose los estudiantes a concluir que el agua “no es pura”, algunos de manera categórica: «*No es agua pura...*» (*E18*) y otros de una manera más “abierta”: «*Yo creo que no porque...*» (*E19*).

En relación al papel de las pruebas y de las justificaciones en los argumentos, se consideró que las respuestas podían encuadrarse en varias categorías y subcategorías que conforman distintos niveles del progreso en la argumentación de los estudiantes, tal y como se presentan en la tabla 7.29.

NIVEL	JUSTIFICACIÓN	UTILIZACIÓN DE PRUEBAS ESPECÍFICAS	<i>f</i>
4	Aporta justificación y utiliza conceptos químicos relevantes (más precisa)	Se aportan pruebas no evidentes	0
		Se aportan pruebas evidentes	2
		No se aportan pruebas	0
3	Aporta justificación con apoyo del conocimiento químico (menos precisa)	Se aportan pruebas no evidentes	0
		Se aportan pruebas evidentes	7
		No se aportan pruebas	10
2	Aporta algún tipo de justificación	Se aportan pruebas no evidentes	1
		Se aportan pruebas evidentes	2
		No se aportan pruebas	0
1	No justifica	Se aportan pruebas no evidentes	1
		Se aportan pruebas evidentes	1
		No se aportan pruebas.	1

Tabla 7.29. Categorías en el uso conjunto de las pruebas y justificaciones (cuestión 5).

La herramienta de análisis que se presenta en la tabla anterior está basada en distintos niveles de progreso en el uso de justificaciones y pruebas por parte de los estudiantes. De esta manera, la línea de progreso en las justificaciones se dirige en el sentido de avanzar hacia aquellas que utilizan el conocimiento químico (y el uso de una terminología química adecuada) respecto a otras que no la utilizan; el progreso en el uso de las pruebas refleja un avance en su utilización, desde un nivel inicial –en el que no se aportan pruebas– a otros en que se utilizan las pruebas específicas aportadas, que en función del contexto de la tarea, pueden diferenciarse entre aquellas que son evidentes (aparecen de forma explícita en la etiqueta: calcio y sodio) de aquellas otras que no son evidentes (por el lugar en que aparecen en la etiqueta: la presencia de gas disuelto en el agua).

Como puede observarse en la tabla 7.28, la mayoría de las respuestas se polarizan en el nivel 3, con 16 estudiantes, mientras que en los niveles 1, 2 y 4 se encuentran dos, tres y cuatro estudiantes, respectivamente. Se entiende que la mayoría de los estudiantes intentó justificar su respuesta apelando al conocimiento químico –con distinto grado de precisión– aunque únicamente dos estudiantes manejaron, además, una terminología química específica con el uso de nociones y conceptos químicos relevantes.

Por otro lado, debemos observar como dato de interés, que prácticamente la mitad del grupo trató de argumentar su respuesta sin utilizar ninguna de las pruebas específicas suministradas en la actividad. De los 14 estudiantes que apelaron al uso de las pruebas, únicamente dos de ellos utilizaron la prueba suministrada “menos evidente” (la presencia de gas disuelto en el agua). A continuación, se procede a describir cada uno de los niveles en la categorización anterior, ilustrándolos con ejemplos de respuestas de los estudiantes.

Así, el nivel 4 engloba aquellas respuestas en las que el estudiante aporta una justificación donde se utilizan nociones y conceptos de química relevantes y de forma más precisa. Los dos estudiantes de esta categoría coordinaron sus explicaciones con la utiliza-

ción de las pruebas específicas (en este caso evidentes) suministradas. A modo de ejemplo, se muestra la siguiente respuesta:

E16: *«No, porque si fuera pura solo estaría formado por agua y nada más; pues como podemos ver en la etiqueta contiene calcio y sodio, y aunque no se puedan ver están ahí; esto sería una mezcla homogénea, ya que no se puede diferenciar el tipo de sustancias que lleva el agua».*

En el nivel 3 los estudiantes tratan de justificar sus respuestas con el apoyo del conocimiento químico, es decir, se alude a la noción de mezcla, aunque la terminología empleada es menos específica. Como se ha indicado, la mayoría de las respuestas de los estudiantes se categorizan en este nivel, aunque solo seis de ellos coordinaron sus justificaciones con el uso de pruebas. Indicamos seguidamente algunos ejemplos: los dos primeros muestran respuestas de estudiantes que apelan al uso de pruebas, mientras que los dos últimos muestran respuestas sin el apoyo de estas pruebas [se han corregido errores ortográficos]:

E08: *«No es pura, ya que cuando una sustancia es pura solo está formada por una sustancia y este no es el caso, ya que está formada por varias sustancias: calcio y sodio».*

E12: *«No es pura porque contiene más de una sustancia, como por ejemplo calcio y sodio. Si fuese pura solo tendría un tipo de sustancia».*

E19: *«Yo creo que no porque tiene más de una sustancia».*

E23: *«Químicamente no es pura, porque no está compuesta por una única sustancia».*

En el nivel 2 se encuentran aquellas respuestas donde los estudiantes tratan de aportar algún tipo de justificación, no necesariamente fundamentada en el conocimiento químico; en este caso, no se hace referencia a ninguno de los términos manejados en los niveles 3 y 4 anteriormente citados: sustancia, sustancia pura, mezcla, etc.; no obstante, todos los estudiantes de este nivel apelaron al uso de pruebas en sus argumentos. Mostramos algunos ejemplos:

E07: *«No, porque no es agua sola, ya que en la etiqueta podemos ver cómo lleva sodio y calcio (...), lo que significa que ya no sería verdaderamente pura».*

E11: *«No porque tiene calcio y sodio, y el análisis no está completo ya que faltan algunos datos, y al tener gas su composición varía un poco y ya no sería agua pura».*

E13: *«El agua de esta botella creo que no es totalmente pura porque no hay agua que sea totalmente pura, además contiene calcio y sodio».*

Finalmente, en el nivel 1 se han categorizado todas aquellas respuestas que carecen de justificación expresa o bien no esta no se considera adecuada, aunque pueden encontrarse referencias a las pruebas suministradas. Consideramos que las siguientes respuestas ejemplifican esta situación:

E14: “Yo creo que el agua no es pura, porque contiene sodio y calcio en su etiquetado, y aunque lo ponga la etiqueta pienso que no es pura”.

E02: «No creo que sea verdaderamente pura, pura. No sé explicarte las razones, podría ser porque tiene más sodio de la cuenta».

A título anecdótico en cuanto al manejo de las pruebas, queremos señalar que tres estudiantes apelaron a información nutricional que no tenía carácter de prueba específica para argumentar sus respuestas, como por ejemplo, tratar de utilizar el contenido calórico (0 kcal) indicado en la etiqueta como dato para justificar por qué el agua embotellada debe considerarse una mezcla de sustancias. Así, el estudiante E22 razona de la siguiente manera: «No, porque tiene otros complementos como proteínas, energía. Una sustancia pura es la que está compuesta solo por una sustancia». De la misma manera, para E24: «No porque tiene otras sustancias como energía, proteínas, grasa, calcio y sodio».

Tomando en consideración los análisis anteriores se ha procedido a elaborar una rúbrica que pudiera mostrar los niveles de desempeño globales de los estudiantes en esta tarea. A tal fin, y con base en las categorías antes indicadas, se propuso la utilización de la rúbrica que se muestra en la tabla 7.30 para el análisis de la calidad de los argumentos.

INDICADORES DE ANÁLISIS	NIVELES DE DESEMPEÑO			
	1	2	3	4
A. Conclusión.	<i>Inadecuada.</i>	<i>Imprecisa o supuesta.</i>	<i>Correcta pero no específica (no se matiza el ámbito de validez).</i>	<i>Correcta y específica (en sentido químico, diferenciando distintos usos de la palabra “pura”).</i>
B. Justificación.	<i>No justifica.</i>	<i>Algún tipo de justificación (sin conocimiento químico).</i>	<i>Algún tipo de justificación con conocimiento químico implícito.</i>	<i>Justificación basada en el conocimiento químico.</i>
C. Pruebas.	<i>No utiliza pruebas.</i>	<i>Utiliza datos que no tienen carácter de prueba.</i>	<i>Utiliza las pruebas específicas evidentes.</i>	<i>Utiliza las pruebas específicas menos evidentes (gas).</i>

Tabla 7.30. Rúbrica para el análisis de las respuestas de los estudiantes (tarea 5).

La aplicación de la matriz anterior a las respuestas de los estudiantes se recoge en la tabla 7.31. Entendemos que las columnas A, B y C reflejan el grado de desempeño en el manejo de los tres componentes básicos del proceso argumentativo, esto es: conclusión (CON), justificación (JUS) y prueba (PRU), respectivamente.

ALUMNO/A	NIVELES DE DESEMPEÑO		
	A	B	C
	CON	JUS	PRU
E01	3	3	3
E02	2	1	1
E03	4	3	3
E04	4	3	1
E05	4	3	1
E06	3	3	1
E07	3	2	3
E08	3	3	2
E09	3	3	1
E10	3	3	1
E11	3	2	4
E12	3	3	3
E13	2	2	3
E14	2	1	3
E15	3	3	3
E16	3	4	3
E17	4	3	1
E18	3	4	3
E19	2	3	1
E20	3	1	4
E21	3	3	1
E22	3	3	2
E23	4	3	1
E24	3	3	2
E25	3	3	3
Valor medio	3,04	2,72	2,16

Tabla 7.31. Niveles de desempeño de los estudiantes (cuestión 5).

Una panorámica general, de acuerdo a los niveles de desempeño del grupo, se muestra en la tabla 7.32.

NIVEL DESEMPEÑO	INDICADORES		
	A	B	C
	CON	JUS	PRU
Nivel 1	0	3	11
Nivel 2	4	3	3
Nivel 3	16	17	9
Nivel 4	5	2	2

Tabla 7.32. Niveles de desempeño de los estudiantes (tarea 5).

Seguidamente se muestran algunas respuestas, a modo de ejemplo, que muestran distinta gradación en la calidad de las argumentaciones. En primer lugar se muestra la respuesta del estudiante *E18* que incluye, de forma clara, todos los elementos que debe contener el argumento solicitado (figura 7.26).

5.- Se presenta una etiqueta encontrada en una botella de una marca de agua embotellada (parte anterior y posterior). Léela con atención:



¿Crees tú que esta agua de la botella es "agua pura, verdaderamente pura" como pone en la etiqueta? Justifica tu respuesta a partir de la información (términos o datos) que aparece en la etiqueta.

Esta agua no es "agua pura" ya que en la información nutricional te dice las sustancias que tiene (calcio y sodio) por lo que al tener más de un tipo de sustancia no es ~~es~~ pura, sino que es una mezcla, una mezcla heterogénea.

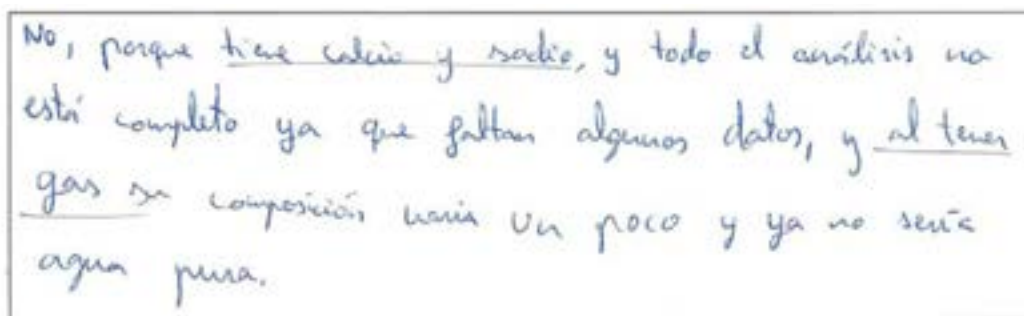
Tabla 7.26. Respuesta del estudiante E18 (tarea 5).

La siguiente respuesta muestra cómo el estudiante *E10* justifica su respuesta pero sin utilizar ninguna de las pruebas presentes (figura 7.27).

No, porque el agua está formada por más de una sustancia y entonces no es pura.

Tabla 7.27. Respuesta del estudiante E10 (tarea 5).

Sin embargo, el estudiante *E11* elabora su conclusión a partir de las tres pruebas suministradas en la etiqueta, aunque no utiliza el conocimiento químico básico para apoyar con más solidez su explicación (figura 7.28).



No, porque tiene calcio y sodio, y todo el análisis no está completo ya que faltan algunos datos, y al tener gas su composición varia un poco y ya no sería agua pura.

Figura 7.28. Respuesta del estudiante E11 (cuestión 5).

A tenor de los resultados, probar como falso el enunciado suministrado, *agua pura, verdaderamente pura*, a partir de la información aportada fue el aspecto del argumento que presentó menor dificultad, con un índice de desempeño medio de 3,04. La mayoría de los estudiantes aportó una conclusión correcta al problema planteado pues dedujeron que el agua embotellada no “podía ser pura”, aunque solo cinco de ellos matizaron que dicha conclusión era válida únicamente en el ámbito de la química.

El nivel de desempeño medio de los estudiantes en la elaboración de las justificaciones fue de 2,72, lo que revela que construir buenas explicaciones que conectaran los datos presentes con la conclusión obtenida presentó mayor dificultad para los participantes. Si bien la mayoría de los estudiantes trató de justificar sus respuestas haciendo referencia a “la idea de mezcla”, únicamente dos estudiantes utilizaron este conocimiento químico de manera precisa.

Finalmente, la utilización de las pruebas fue el aspecto de los argumentos con peor resultado, con un nivel de desempeño medio de 2,16. En relación a este componente las respuestas de los estudiantes se encuentran muy polarizadas entre los niveles 1 y 3: o bien no utilizaron ninguna de las pruebas aportadas para respaldar sus conclusiones (11 estudiantes), o bien utilizaron las más evidentes (nueve estudiantes), mientras que únicamente dos estudiantes se situaron en los niveles más altos.

Entendemos que la tarea de evaluación cumplió su finalidad pues todos los estudiantes construyeron secuencias argumentativas tratando de probar la veracidad del enunciado que se sometía a análisis, aspecto relevante ya que la capacidad de argumentación se entiende como una competencia científica básica a desarrollar en el aula de ciencias (OCDE, 2006; 2009; 2012). No obstante, la desigual presencia de los elementos de un argumento en las respuestas de los estudiantes nos brinda la oportunidad de reflexionar sobre la necesidad de trabajar, de manera específica, esta situación en el aula con actividades de argumentación.

Así, y de acuerdo con Jiménez Alexaindre (2010) hacer explícitos los elementos de la argumentación discriminando los datos y las pruebas de las justificaciones, podría ayudar al alumnado hacia la elaboración de argumentos de mayor calidad. Esta necesidad debe ser coherente con el diseño de actividades que demanden del estudiante un papel

activo para un adecuado desarrollo de esta competencia, aspectos sobre los que debemos reflexionar para futuras versiones de la secuencia didáctica ensayada.

Resultados de la tarea de evaluación núm. 6

En esta cuestión de la prueba se espera que el estudiante construya un breve texto argumentativo para apoyar la veracidad o falsedad de la afirmación que se le indica: *El agua embotellada no tiene cal. Solo el agua del grifo tiene cal.*

Para el análisis de los argumentos de los estudiantes se decidió volver a utilizar, como criterio de valoración, la coordinación entre la conclusión aportada con la justificación y pruebas utilizadas. Por similitud con la tarea de evaluación núm. 5 se planteó la relación entre estos elementos del argumento utilizando la representación de Toulmin, tal como se muestra en la figura 7.29.

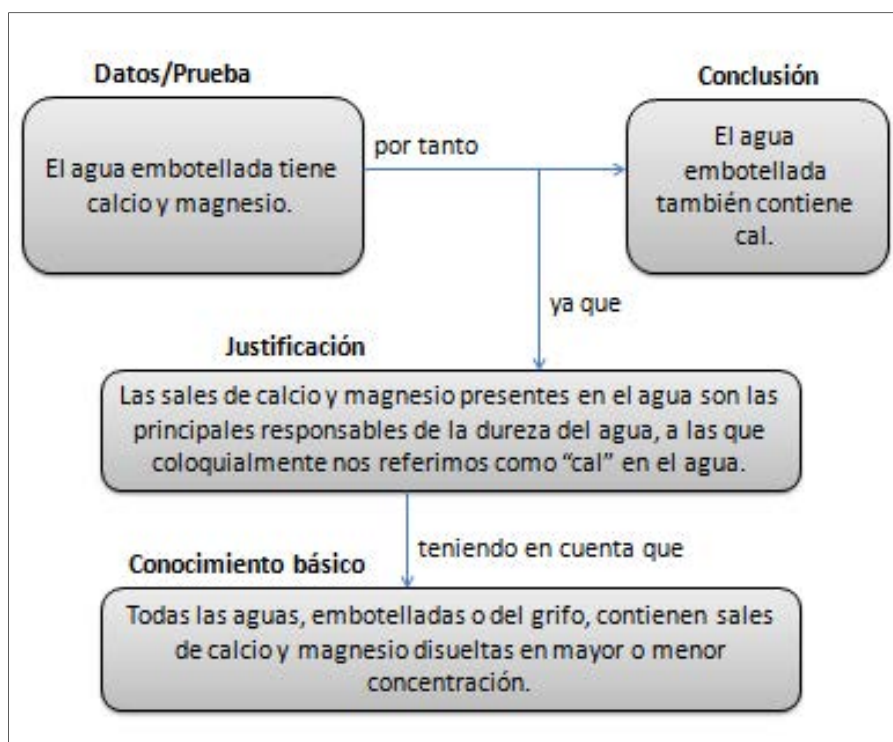


Figura 7.29. Representación de Toulmin (tarea 6).

El análisis de las respuestas en base a esta herramienta de valoración se recoge en la tabla 7.33, en la que se muestran extractos significativos de las secuencias argumentativas utilizadas por los estudiantes, organizados de acuerdo con los tres elementos básicos a considerar en un argumento: conclusión, justificación y prueba.

ALUMNO/A	CONCLUSIÓN	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIOS AÑADIDO	PRUEBA
E01	Es mentira.	Tiene cal [el agua embotellada].	Pero en menor cantidad.	No utiliza.
E02	Falso (se supone).	Las dos tienen cal.	El agua del grifo bastante más.	No utiliza.
E03	Es falsa.	Ambas aguas tienen concentraciones de cal, depende del tipo y de donde provenga el agua.	----	No utiliza (alude vagamente a la composición química).
E04	Es falso.	Las dos aguas tienen cal.	La del grifo puede que tenga un poco más.	No utiliza.
E05	Falsa (se supone).	El agua embotellada tiene cal.	Pero menos que el agua del grifo.	No utiliza.
E06	Es falsa.	El agua embotellada también tiene cal.	Quizá en menor cantidad [que la del grifo].	No utiliza.
E07	Verdad.	El agua embotellada no podría tener cal ya que se fabrica para que no lleve. Es una diferencia que tiene con la del grifo.	----	No utiliza.
E08	Es falsa.	El agua embotellada también tiene.	Pero menos.	No utiliza.
E09	Falsa (se supone).	Todas las aguas tienen cal.	Pero el agua del grifo tiene un nivel más elevado.	No utiliza.
E10	Es falso.	Ambas contienen cal.	La embotellada en cantidades muy pequeñas.	No utiliza.
E11	Sí tiene (falsa se supone).	Aunque no se muestre en la etiqueta puede tener cal.	Aunque en muy pequeñas proporciones.	No utiliza (alude a la etiqueta).
E12	Es falso.	Tanto el agua del grifo como el agua embotellada tienen cal, las dos tienen cal.	Aunque el agua embotellada tiene un poco menos.	No utiliza.
E13	Es totalmente falsa.	Tanto el agua embotellada como el agua del grifo contienen cal, las dos tienen.	Incluso el agua del grifo pueda tener menos cal porque está más controlada.	Contiene sales disueltas.
E14	Creo que falsa.	Todas las aguas tienen cal.	La del grifo más cal.	No utiliza.
E15	Falsa (se supone).	El agua embotellada sí tiene cal.	Pero el agua del grifo tiene más.	No utiliza.
E16	Falsa (se supone).	El agua embotellada creo que tiene cal.	Pero menos que la del grifo.	El agua del grifo sabe peor.
E17	Es falsa.	El agua embotellada como la del grifo contienen cal; la cantidad dependerá del agua del grifo de cada zona y de la marca de agua embotellada.	----	No utiliza.
E18	Es falsa.	No es cierto que el agua embotellada no tenga cal.	Suele tener menos que el agua del grifo.	No utiliza.
E19	Yo creo que es falsa.	El agua embotellada tiene cal como el agua del grifo.	Aunque la de botella tiene bastante menos.	Sabe mejor.
E20	Es falso.	El agua del grifo tiene cal al igual que la de botella, en cantidades distintas las dos tienen cal.	Pero el agua de botella tiene menos cantidad.	No utiliza.

Tabla 7.33. Argumentos de los estudiantes (tarea 6).

ALUMNO/A	CONCLUSIÓN	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIOS AÑADIDO	PRUEBA
E21	Falso (se deduce).	El agua embotellada también contiene cal.	----	No utiliza.
E22	Falso (se deduce).	Ambas aguas tienen cal.	En menor medida que la del grifo.	No utiliza.
E23 Eva	Falsa.	El agua embotellada tiene cal.	No tanto como la del grifo, tiene poca cantidad.	No utiliza.
E24	Es falso.	Las dos contienen cal, todas las aguas contienen cal.	----	No utiliza.
E25	Es falsa.	Las dos contienen cal, en poca o mucha cantidad.	----	No utiliza.

Tabla 7.33. Argumentos de los estudiantes (tarea 6) (continuación).

Con fines expositivos creemos oportuno distribuir las formas de establecer la conclusión final en los cuatro tipos que se indican en la tabla 7.34.

CATEGORÍAS	<i>f</i>
El enunciado es	
Falso (de manera explícita)	14
Falso (se deduce)	8
Falso (con inseguridad)	2
Verdadero	1

Tabla 7.34. Formas de presentar la conclusión final (tarea 6).

Como se observa, 24 de los 25 estudiantes valoraron el enunciado propuesto como falso, frente a un único estudiante que lo consideró verdadero; por otro lado, 14 estudiantes afirmaron de forma taxativa que el enunciado presentado debía considerarse falso, frente a dos estudiantes que ofrecieron la misma conclusión pero de una manera “menos tajante” y ocho que no lo indicaron de forma explícita pero que podía deducirse del cuerpo de la respuesta.

Las justificaciones manejadas por los estudiantes resultaron demasiado genéricas, con relación a la que se propone en el diagrama de Toulmin, y en términos generales, poco específicas, sin identificar la causa de la “cal” en el agua de bebida (esto es la presencia de sales de calcio y magnesio). Como se indica en la tabla 7.23, la mayoría de estas justificaciones incluyeron razonamientos de la misma estructura, centrados en poner de manifiesto “mayor cantidad de cal” en el agua del grifo respecto de la embotellada y fundamentados en el sentido común o el conocimiento cotidiano de la vida diaria, sin apelar al conocimiento químico.

Las razones que manejaron los estudiantes para justificar las conclusiones presentadas pueden agruparse en las categorías que indican en la tabla 7.35, ordenadas de mayor a menor frecuencia de respuesta.

CATEGORÍAS	<i>f</i>
La razón principal es:	
Los dos tipos (ambas) tienen cal.	9
El agua embotellada sí (también) tiene cal.	8
Todas las aguas tienen cal.	3
Las dos tienen cal aunque depende de la zona y marca de agua.	2
El agua embotellada puede tener cal (aunque no se muestre en la etiqueta).	1
Creo que sí.	1
No tiene cal.	1

Tabla 7.35. Categorías de razones manejadas por los estudiantes (tarea 6).

Observamos cómo los motivos o razones de los estudiantes utilizadas por los estudiantes “no justifican”, puesto que no se explicita la causa de la presencia de cal en el agua embotellada o el por qué de lo que se afirma. Así, estos razonamientos apelan únicamente al hecho de la presencia de “cal” –como algo inherente al agua– para probar el enunciado de partida, sin aportar razones más convincentes, y por tanto con poco fundamento científico.

En esta línea, ninguna de las razones manejadas apeló al conocimiento científico (origen químico de la dureza del agua) y fueron muy pocos los estudiantes que intentaron fundamentar su razonamiento utilizando alguna prueba como evidencia de lo indicado, si bien estas pruebas no fueron suficientes como veremos más adelante. Seguidamente, se muestran algunos ejemplos significativos de respuestas que ilustran los aspectos mencionados [se han corregido errores sintácticos]:

E17: «Esta afirmación es falsa, ya que el agua embotellada como la del grifo contienen cal y otras muchas sustancias, ya lo que varía será la cantidad de cal, que dependerá del agua del grifo de cada zona y de la marca de agua embotellada».

E15: «El agua embotellada sí tiene cal, pero lo que pasa es que el agua del grifo tiene más cal que la embotellada».

E20: «No, eso es falso. El agua del grifo tiene cal al igual que la de botella... tanto una como la otra tienen cal. En cantidades distintas pero las dos tipos de agua tienen cal».

El único estudiante que asumió la afirmación inicial como verdadera, es decir que el agua de bebida embotellada no contenía cal, apeló a la “manipulación previa” a la que se sometía dicha agua para su distribución, lo que pone de manifiesto que este estudiante no acabó de captar el fundamento químico de la dureza del agua: *«Verdad, el agua embotellada no podría tener cal, ya que se fabrica para que no la lleve, y además es una de las diferencias que tiene con la del grifo» (E07).*

La razón principal utilizada en los argumentos para “defender” la conclusión fue reforzada por los estudiantes con comentarios en torno a qué tipo de agua, del grifo o embo-

tellada, contenía más cal. En la tabla 7.36 se muestran las frecuencias de estos comentarios, agrupados en dos categorías según hicieran referencia al agua de bebida embotellada o del grifo.

CATEGORÍAS	<i>f</i>
La conclusión es falsa pero:	
A. El agua embotellada tiene menos cal (cantidades muy pequeñas, pequeñas proporciones, un poco menos, menos, menor cantidad).	13
B. El agua del grifo tiene más cal (un poco más, más, bastante, cantidad elevada).	5
C. El agua de grifo puede tener menos cal.	1
D. Sin comentarios.	6

Tabla 7.36. Comentarios de los estudiantes (tarea 6).

Según la opinión mayoritaria, para los estudiantes el agua embotellada contiene menos cal que el agua del grifo (o el agua del grifo más que la embotellada), salvo para un único estudiante que plantea la posibilidad de que el agua envasada pueda llegar a tener más cal debido al control que se ejerce sobre el agua del grifo: «*Es totalmente falsa (...) incluso el agua del grifo pueda tener menos cal porque está más controlada*» (E13).

La utilización de pruebas o evidencias constituye el tercer elemento de interés en la construcción de un argumento; en la tabla 7.37 se presenta una panorámica sobre el manejo de pruebas de los participantes en esta tarea.

CATEGORÍAS	<i>f</i>
Utilización de pruebas en los argumentos:	
A. El estudiante utiliza pruebas/datos para sostener su conclusión.	3
B. No utiliza.	22

Tabla 7.37. Utilización de pruebas (tarea 6).

Parece evidenciarse, a tenor de lo mostrado, que el manejo de las pruebas en esta tarea de evaluación pareció presentar una mayor dificultad, pues 22 estudiantes no utilizaron ninguna en sus respuestas. Entendemos que la causa de estos resultados es evidente, pues a diferencia de la tarea de evaluación 5 en la que los estudiantes podían consultar los datos de un análisis químico, en este ítem no se suministró ninguna prueba específica sobre la que fundamentar la conclusión. Por tanto, si el estudiante quería aportar pruebas debía acudir al conocimiento científico previo (nociones químicas sobre la dureza del agua y composición del agua, el origen de la “cal” del agua, etc.) relación que resultó compleja para los estudiantes a tenor de los resultados.

En este sentido, únicamente tres estudiantes manejaron algún tipo de prueba a favor del argumento; así, estos estudiantes utilizaron la presencia de sales disueltas o el sabor del

agua como posibles evidencias para respaldar su conclusión, aunque ninguna de estas pruebas puede considerarse relevante o específica de problema planteado. Un tercer estudiante hizo algunas referencias a la composición química, aunque de una manera imprecisa y no con carácter de prueba.

El estado de opinión del grupo acerca de la presencia de “cal” en el agua de bebida ya quedó reflejado en el cuestionario inicial administrado en la primera sesión de la puesta en práctica de la secuencia. Recordamos que en este cuestionario de ideas previas se incluyó una cuestión sobre la “cal” y se pidió a los estudiantes que eligieran la respuesta que consideraban más correcta entre cuatro posibles opciones cerradas (figura 7.30).

8.- Elige la respuesta que te parece más acertada:

- ☐ El agua embotellada no tiene cal. Sólo el agua del grifo tiene cal.
- ☐ El agua embotellada tiene cal pero menos que el agua del grifo.
- ☐ Ambos tipos de agua tienen cal aunque en distintas proporciones.
- ☐ No lo sé.

Figura 7.30. Ítem núm. 8 del cuestionario inicial.

Entendemos que la tercera alternativa (opción C) representa la respuesta más acorde con el punto de vista científico, mientras que la primera de ellas (opción A) debe considerarse la menos correcta. Las opciones elegidas por los estudiantes se muestran en la figura 7.31, con indicación de la frecuencia de respuesta encontrada.

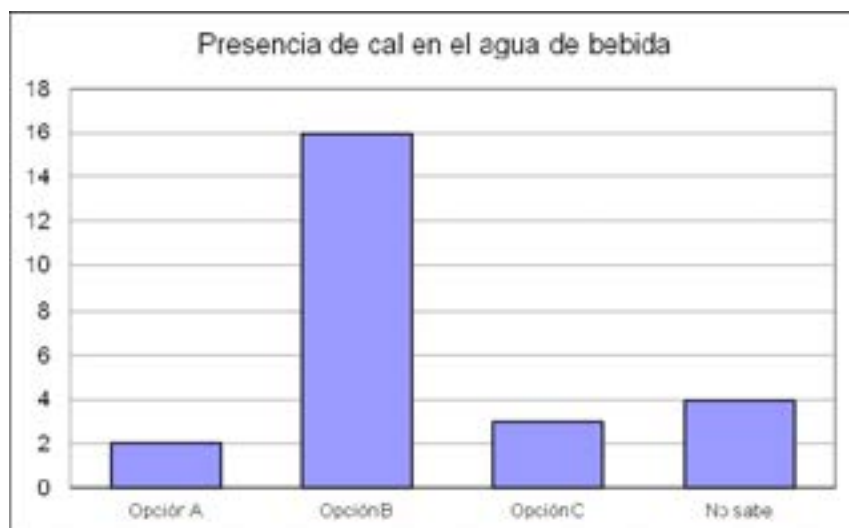


Figura 7.31. Opciones de respuesta para el ítem núm. 8 del cuestionario inicial.

Como observamos, la opción B (*el agua embotellada tiene cal pero menos que el agua del grifo*) fue mayoritaria, elegida por 16 de los 25 participantes; el resto de opciones se distribuyeron de la siguiente forma: las opciones A, C y D fueron elegidas por 2, 3 y 4 estudiantes, respectivamente.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en la tarea de evaluación se observó cómo la mayoría de los estudiantes manejó “las mismas ideas” en sus respuestas, aunque se observaron avances en cinco de los participantes tras el desarrollo de la secuencia en el aula. Así, los estudiantes *E01*, *E21* y *E24* que manifestaron “no saber” sobre esta cuestión, presentaron en la prueba de evaluación sendas respuestas con distinto grado de justificación a la cuestión demandada (véase tabla 7.23). De la misma manera, los estudiantes *E16* y *E25* opinaron al comienzo de la secuencia que el agua embotellada *no tenía cal*, mientras que en la tarea de la prueba reconocieron, respectivamente, que *el agua embotellada tenía pero menos o que las dos contenían* (véase tabla 7.23).

La mayoría de los estudiantes trató de argumentar la respuesta a la cuestión propuesta, aunque en este caso la construcción de argumentos relevantes pareció presentar bastante más dificultad en relación a la tarea 5 de este mismo bloque. Así, fue difícil encontrar en los argumentos de los estudiantes evidencias, uso de pruebas o referencias al conocimiento químico para justificar sus conclusiones.

Por otro lado, la nula referencia al conocimiento de ciencia básico para fundamentar las respuestas, incluso en los estudiantes más avanzados, evidenció que estos contenidos químicos no quedaron suficientemente vinculados con la “explicación de la cal” en el agua de bebida. Por tal motivo, creemos que sería necesario explicitar claramente esta relación en las actividades específicas que sobre esta temática se plantearon en la secuencia (véase por ejemplo actividad A.5.1 –sobre la composición del agua de bebida–), así como profundizar en el análisis de estos contenidos. En esta línea, creemos que sería oportuno revisar también el planteamiento de la actividad A.6.4 (sobre la dureza del agua) y en particular, los enlaces web propuestos, con el objeto de mejorar los resultados obtenidos.

Resultados de la tarea de evaluación núm. 9

Recordamos que en este ítem de la prueba el estudiante debe consultar un anuncio publicitario en formato gráfico que vincula el consumo de agua embotellada con la salud del consumidor, y contestar de manera justificada a la siguiente cuestión: *¿Te “renovarías igualmente” si en vez de beber “agua pura de alta montaña” bebieras “agua del grifo”?*

Esta actividad de evaluación presenta un marcado carácter abierto que requiere que el estudiante elabore su propia respuesta a partir de los distintos contenidos trabajados en la secuencia; así en la respuesta podría tener cabida las distintas razones para el consumo de agua de bebida embotellada, las creencias y actitudes de los estudiantes relacionadas con este consumo, en particular las referidas a la relación entre la salud y su consumo, referencias a las ventajas e inconvenientes de ambos tipos de agua, qué tipo de agua consumir, composición del agua, etc. Además, el estudiante debe construir un texto de tipo argumentativo, en el que exprese su opinión y justificación con respecto a la cuestión planteada.

Para el análisis de las respuestas se esbozó inicialmente, al estilo de lo realizado en las tareas de evaluación 5 y 6, un esquema de Toulmin con los elementos básicos de una argumentación. Sin embargo, pronto se puso en evidencia que en esta tarea no parecía resultar sencillo para el estudiante delimitar lo que constituía la justificación o cuáles eran los datos o pruebas para fundamentar la conclusión. Por tal motivo, para el análisis de esta actividad se decidió prescindir del proceso seguido en las dos cuestiones anteriores de este mismo bloque; en su lugar, se procedió a la codificación de las conclusiones y las principales razones manejadas por los estudiantes, y su jerarquización en un sistema de categorías de análisis.

En la tabla 7.38 se muestran las razones más significativas extractadas de las respuestas de los estudiantes a la tarea 9, así como una serie de comentarios para apoyar las conclusiones obtenidas.

ALUMNO/A	CONCLUSIÓN	¿POR QUÉ? (RAZÓN PRINCIPAL)	COMENTARIOS
E01	Sí.	No vas a vivir más por beber agua L que del grifo.	Es un anuncio para que bebas agua embotellada.
E02	Creo que sí.	La del grifo sigue siendo igual de segura y buena.	Aunque tenga peor sabor y más cal.
E03	Sí (se supone).	La renovación ocurre tanto si bebes agua del grifo o L.	Pretende convencerte que el agua L es más pura.
E04	Creo que sí.	Las dos son aguas.	Pero depende de las sustancias y cantidad que lleva el agua y de lo que necesita tu cuerpo (ninguna es pura).
E05	Sí (se supone).	No tiene nada que ver, te renueva el agua del grifo o embotellada.	El anuncio quiere convencerte de que compres esa agua.
E06	Sí.	Ambas son agua y sirven por igual para renovar el agua de nuestro cuerpo. Las dos son buenas y sanas para el organismo.	Es una elección del consumidor.
E07	No.	Para nuestro cuerpo no sería lo mismo, porque el agua del grifo no es pura.	La tomamos en diferente estado.
E08	Sí.	Te podrías renovar con las dos, ya que las dos tienen sustancias.	También depende del elemento que necesites. El consumidor piensa que la embotellada es más sana y cómoda.
E09	Sí (se supone).	El cuerpo necesita simplemente agua sin importar la procedencia, mientras sea potable.	Mientras sea potable.
E10	Sí.	Tu cuerpo necesita agua, no un tipo de agua concreto.	Para renovarte bien necesitas agua en buenas condiciones.
E11	Sí.	El agua de tu cuerpo se renuevas bebas el agua que bebas.	Tú puedes elegir el tipo de agua.
E12	Sí.	Beber regenera y renueva.	Siendo del grifo o embotellada (alta montaña).
E13	Sí.	Las dos contienen sustancias.	La del grifo contiene menos porque está muy controlada.

Tabla 7.38. Respuestas de los estudiantes (tarea 9).

ALUMNO/A	CONCLUSIÓN	¿POR QUÉ? (RAZÓN PRINCIPAL)	COMENTARIOS
E14	Sí.	La del grifo también se puede beber, se puede beber igualmente (aunque la del grifo tiene peor sabor y más cal).	Es propaganda para que compres agua embotellada.
E15	Claro que sí.	Las dos aguas son iguales.	Ninguna será pura.
E16	Sí.	Las dos aguas son iguales, las dos podrían renovar el agua de nuestro cuerpo.	La del grifo tiene más ventajas.
E17	Por supuesto.	Esa agua no es pura, es igual a la del grifo solo que la cantidad de cada sustancia es diferente.	Eslogan para vender agua. Cada consumidor tendrá que elegir según sus necesidades.
E18	Sí.	Mi cuerpo necesita agua, da igual si es L o del grifo.	Puede ser peor la embotellada para tus necesidades.
E19	No.	El agua grifo no me gusta, estoy acostumbrada a la embotellada, más cómoda.	----
E20	Sí.	Porque sigue siendo agua, te renovarías igual.	Pero mucho mejor si lo haces con agua embotellada que es mejor (menos cal).
E21	Podría ser.	Yo prefiero la embotellada porque está más buena y es de mayor calidad.	----
E22	Sí.	Ambas aguas son sanas.	----
E23	No.	En la embotellada hay componentes que hacen que puedas renovarte mucho mejor que la del grifo.	La del grifo no es pura, contiene muchas sustancias que hacen que no sea pura.
E24	Sí.	Lo importante es hidratarse. No por beber agua embotellada te renuevas.	El anuncio pretende que compres agua (problemas medioambientales).
E25	No (se supone).	Bebería la embotellada porque contiene menos cal y es más sana y buena.	----

Tabla 7.38. Respuestas de los estudiantes (tarea 9) (continuación).

En cuanto a la conclusión, la opción mayoritaria –elegida por 20 de los estudiantes–, es que *Sí* coincidiendo con la respuesta esperada, esto es, que el tipo de agua de bebida, del grifo o embotellada, no influye en su proceso de renovación en el cuerpo; por el contrario, cuatro estudiantes opinaron que *No*, que “no era lo mismo”, prefiriendo la ingesta de agua de bebida embotellada. Un único estudiante eligió la opción *Podría ser*, aunque se deduce de su respuesta una mayor confianza hacia el consumo de agua embotellada.

Las razones principales utilizadas por los estudiantes se han agrupado por categorías de análisis para cada una de las opciones de respuesta encontrada, tal como se presenta en la tabla 7.39. Debemos indicar que las razones manejadas por los estudiantes son concordantes con las encontradas en los estudios preliminares realizados con estudiantes de primer curso de Magisterio (véase tabla 4.4 en capítulo IV).

OPCIÓN	CATEGORÍAS	PRINCIPALES RAZONES	f
Sí	<i>Salud y Seguridad</i>	Las dos son sanas y buenas.	3
		La del grifo es buena y segura.	1
		Lo importante es hidratarse, no beber agua embotellada.	1
	<i>Composición</i>	Te renuevas igual, con las dos, bebas las que bebas, son iguales, las dos son agua.	12
		El cuerpo necesita agua sin importar si es del grifo o embotellada.	3
		Las dos contienen sustancias.	1
No	<i>Salud</i>	Porque es más sana y buena (menos cal).	1
	<i>Composición</i>	Tiene componentes que haces que te renueves mejor.	1
	<i>Pureza</i>	Para nuestro cuerpo no sería lo mismo. La del grifo no es pura.	1
	<i>Sabor y Comodidad</i>	La del grifo no me gusta. La embotellada es más cómoda.	1
Podría ser	----	Prefiero la embotellada, más buena y mayor calidad.	1

Tabla 7.39. Sistema de categorías (tarea 9).

Como se muestra, en la opción *Sí* se han identificado dos categorías principales. Hemos agrupado en *Salud y Seguridad* aquellas respuestas que presentan justificaciones que aluden al cuidado del cuerpo y la seguridad (control sanitario) del agua que se ingiere. Las dos respuestas siguientes ilustran esta categoría:

E09: «En mi opinión te renovarías con los dos tipos de agua ya que lo que el cuerpo necesita es simplemente agua sin importar la procedencia, bueno mientras sea potable claro».

E02: «Yo creo que sí porque aunque tenga un sabor más malo y tenga más cal [la del grifo] sigue siendo igual de segura y buena».

No obstante, el mayor número justificaciones hizo referencia a la correspondencia fisiológica del agua del grifo y embotellada a efectos de mantener una adecuada hidratación. Todas estas respuestas se han agrupado bajo la categoría *Composición*. Las siguientes respuestas constituyen algunos ejemplos:

E05: «No tiene nada que ver que el agua sea del grifo o embotellada, te renuevas. Lo que esta marca de agua quiere es convencerte de que compres esa agua...».

E06: «Sí porque ambas son agua y sirven por igual para renovar el agua de nuestro cuerpo, lo que cuenta es la elección de consumidor...».

La opción *No* agrupa las respuestas que justifican la elección del agua embotellada como alternativa de superior calidad al agua del grifo, y para la que se han identificado cuatro categorías: *Salud*, *Composición*, *Pureza* y *Sabor y Comodidad*, dependiendo de cuál era el factor predominante en las respuestas de los estudiantes. Seguidamente se

muestra un ejemplo para cada una de estas categorías (se entiende que el primer ejemplo se refiere a Salud, el segundo a Composición, y así sucesivamente).

E25: *«Me bebería el agua embotellada ya que contiene menos cal que el agua del grifo, porque es más sana y buena».*

E23: *«No, porque el agua embotellada tiene componentes que hacen que puedas renovarte mejor, [...] te renuevas muchos mejor que con la del grifo».*

E07: *«No sería lo mismo, porque el agua del grifo no es pura y para nuestro cuerpo no sería lo mismo...».*

E19: *«No, porque aparte de que el agua del grifo no me gusta, desde chica bebo agua embotellada y es la que estoy acostumbrada. Además, para cualquier actividad que vayas a realizar te viene mucho mejor el agua embotellada...».*

Finalmente, el estudiante que opinó que *Podría ser*, dejó clara su preferencia por consumir “mejor” agua embotellada: *«Podría ser, yo prefiero beber agua de botella porque está más buena y es de mayor calidad (...) y por su sabor» (E21).*

El análisis de esta tarea de evaluación nos ha permitido observar un cierto progreso en las ideas y creencias de los estudiantes en relación con el consumo de agua de bebida embotellada. Nos complace observar cómo “el humilde líquido que sale por el grifo” parece haber ganado estatus para algunos estudiantes, si comparamos las ideas previas manifestadas en el cuestionario inicial con las respuestas a esta tarea de evaluación.

Como se indicó en la descripción del desarrollo de la sesión 1 (capítulo VI), en el cuestionario de ideas previas se incluyeron algunas cuestiones para indagar sobre las razones de los estudiantes para el consumo de agua de bebida embotellada así como para explicitar posibles diferencias, según los estudiantes, entre este tipo de agua y el agua del grifo.

Pudimos registrar cómo 13 estudiantes parecían tener una peor visión sobre el agua de la red pública frente al agua embotellada, con manifestaciones del tipo *menos sana, más mala, contiene más impurezas, menos sales minerales, contiene suciedad*. Esperábamos que estos estudiantes, tras el desarrollo de la secuencia didáctica, mejoraran su percepción sobre el agua del grifo, y así lo expresaran en esta tarea, en términos de que ambos tipos de agua ayudarían al cuerpo a “renovarse por igual”. Para comprobar esta hipótesis se procedió a comparar las respuestas de estos 13 estudiantes en ambos momentos (inicio y final de la secuencia), tal y como se muestra en la tabla 7.40.

ALUMNO/A	CUESTIONARIO DE IDEAS PREVIAS	TAREA DE EVALUACIÓN 9	
	Mi opinión sobre el agua embotellada o del grifo	¿Te renuevas igual si bebes agua del grifo?	¿Por qué?
E01	El agua embotellada es más sana.	Sí.	Es un anuncio para que bebas agua embotellada.
E02	El agua embotellada tiene mayor calidad y es más segura.	Creo que sí.	La del grifo sigue siendo igual de segura y buena.
E06	El agua embotellada es mejor y tiene menos impurezas. La del grifo es menos sana.	Sí.	Ambas sirven por igual. Las dos son buenas y sanas para el organismo. Es una elección del consumidor.
E11	El agua embotellada tiene más complementos. La del grifo menos sales minerales.	Sí.	El agua de tu cuerpo se renueva, bebes el agua que bebes. Tú eliges.
E12	El agua embotellada es más sana.	Sí.	Lo que regenera es beber agua, sea del grifo o de alta montaña.
E13	El agua embotellada tiene más calidad.	Sí.	Las dos contienen sustancias; el agua del grifo está muy controlada.
E14	El agua embotellada es más buena y saludable.	Sí.	La del grifo se puede beber igualmente (aunque tiene peor sabor).
E17	El agua del grifo es menos sana y contiene impurezas.	Por supuesto.	Es igual a la del grifo solo que la cantidad de cada sustancia es diferente. Cada consumidor elegirá según sus necesidades.
E18	Se supone que el agua embotellada es mejor.	Sí.	Mi cuerpo necesita agua, da igual si es L o del grifo. Puede ser peor la embotellada para tus necesidades.
E22	El agua embotellada tiene menos impurezas.	Sí.	Ambas aguas son sanas.
E07	El agua embotellada es mejor y más sana. El agua del grifo contiene sustancias que no son muy saludables.	No.	Para nuestro cuerpo no sería lo mismo, porque el agua del grifo no es pura.
E20	El agua del grifo es más mala.	Sí.	Porque sigue siendo agua, te renovarías igual; pero mucho mejor si lo haces con agua embotellada que es mejor.
E23	El agua embotellada tiene más calidad.	No.	En la embotellada hay componentes que hacen que puedas renovarte mucho que la del grifo.

Tabla 7.40. Comparativa entre las respuestas de los estudiantes (tarea 9).

Como se observa, 10 estudiantes (de 13) modificaron su respuesta en el sentido apuntado anteriormente, es decir, consideraron que el agua del grifo era equivalente al agua embotellada a efectos de mantener una adecuada hidratación. Además, algunas de estas respuestas parecieron evidenciar una mejora sobre la percepción del agua del grifo, con comentarios del tipo *la del grifo también es buena y segura; ambas son sanas, está muy controlada*, etc. Esta evolución aparece de manera clara en las respuestas del estudiante E06, quien opinaba en el cuestionario de ideas previas que *[el agua embotellada] es mejor que la del grifo y tiene menos impurezas* mientras que en la tarea de evaluación afirmaba que (...) *a fin de cuentas, las dos son buenas y sanas para el organismo*.

Sin embargo, y como se observa en la parte final de la tabla 7.30, tres de los estudiantes mantuvieron su apreciación negativa hacia el consumo de agua del grifo, al seguir considerando “mejor” el consumo de agua embotellada para una correcta hidratación. A modo de ejemplo, citamos la respuestas del estudiante *E23* que tras considerar inicialmente *que el agua embotellada tiene más calidad que la del grifo* mantuvo su postura de que *en el agua embotellada hay componentes que hacen que puedas renovarte mucho mejor que con la del grifo*.

Debemos considerar, tras el análisis expuesto, que el desarrollo de la secuencia ha ayudado a un buen número de estudiantes a mejorar su percepción sobre el agua del grifo. Y aunque el sabor del agua corriente es considerado “malo” por buena parte de los estudiantes, en aspectos tales como la seguridad o la confianza hacia el consumo de este tipo de agua se ha producido un claro avance. En otras palabras, salvo un pequeño número de estudiantes, el resto estimó conveniente el consumo de agua de bebida envasada basándose en razones como su mejor sabor o comodidad de uso, pero no con base en razones relacionadas con un deficiente control o vigilancia sanitaria del agua del grifo.

Por otro lado, desde la perspectiva competencial todos los estudiantes trataron de ofrecer una conclusión razonada a la cuestión planteada, aunque la calidad de los argumentos evidenció que se trató de una tarea compleja. Así, hemos podido apreciar que la mayoría de las justificaciones de los participantes apelaron al conocimiento cotidiano más inmediato, al sentido común, aunque debemos asumir que no era fácil para el estudiante fundamentar su respuesta en base al conocimiento científico; de la misma manera, debemos asumir que la utilización de información con carácter de prueba tampoco resultaba sencillo dado la multitud de factores que podrían considerarse.

7.1.3.4. Consideraciones generales sobre los resultados de la prueba de evaluación

A continuación, se lleva a cabo una síntesis de los resultados obtenidos en la prueba de evaluación para cada uno de las tres competencias científicas implicadas. Por un lado, se plantean los aspectos más destacados sobre el grado de desempeño de los estudiantes en las distintas competencias científicas; por otro, se lleva a cabo un análisis de las implicaciones didácticas de dichos resultados tanto para la mejora de la secuencia didáctica como para la prueba de evaluación, de cara a futuras implementaciones.

Se ha optado por no considerar los resultados de la prueba de evaluación en su conjunto, ya que la naturaleza de cada una de las competencias científicas consideradas, tal como se ha puesto de manifiesto, es diferente y, de acuerdo con ello, se han construido procedimientos y herramientas de análisis también diferentes en adecuación a dichas características y a las respuestas de los estudiantes.

Consideraciones sobre los resultados del bloque E

Con las tareas de evaluación de este bloque se ha pretendido obtener información sobre los distintos grados de desempeño de los estudiantes al aplicar la capacidad de *explicar fenómenos científicamente* en ciertas situaciones relacionadas con el contexto del agua de bebida.

Desde el marco de referencia que propone PISA en ciencias (OCDE, 2006a) hemos tratado de poner de manifiesto esta competencia científica a través de la puesta en juego de una serie de habilidades como: a) la aplicación del conocimiento científico adecuado a una determinada situación que se plantea en términos macroscópicos (tarea de evaluación 1); b) la aplicación del conocimiento científico y destrezas matemáticas (cálculo) para interpretar y justificar una determinada situación relacionada con la composición cuantitativa de una disolución (tarea 4); c) al tratar de describir o interpretar fenómenos en términos de modelos científicos aplicados al ámbito submicroscópico (tarea 2).

Con objeto de comparar la dificultad de las tres tareas relacionadas con esta competencia, se procedió a calcular el nivel de desempeño promedio (media aritmética del nivel de desempeño en cada indicador), de acuerdo a cada una de las rúbricas utilizadas. Los resultados muestran que la tarea 2 –explicación del proceso de disolución– revistió una mayor dificultad para los estudiantes (con un nivel de desempeño promedio de 2,25), seguida de la tarea 1 –caracterización del agua del grifo como sistemas material– y de la tarea 4 –composición cuantitativa de una disolución– (con índices promedio de 2,69 y 2,79 respectivamente). En las tres tareas de evaluación el grado medio de desempeño se situó en el nivel 2 (nivel medio), aunque más cercanos al nivel 3 para las tareas 1 y 4.

Estos resultados están de acuerdo con la literatura al respecto, en el sentido de que para los estudiantes es más fácil la explicación de fenómenos en el ámbito macroscópico respecto de aquellos que implican el uso de modelos (Driver, 1988). Por otro lado, las explicaciones en términos cualitativos son más fáciles para los estudiantes que aquellas que implican el uso de cálculos o expresiones matemáticas, en este caso relacionados con la composición cuantitativa de una disolución (Blanco, 2000).

Entrando en aspectos más concretos se pudo apreciar que buena parte del grupo presentó, aunque en distinto grado, dificultad para identificar y seleccionar el conocimiento de química básico necesario para la correcta ejecución de las tareas. Así, en la tarea 1 se pudo observar cómo prácticamente dos tercios de los participantes no identificó correctamente las características esenciales de una disolución, pese a que este tópico fue objeto de atención preferente en la secuencia didáctica.

Como justificamos en su momento, consideramos que parte de esta dificultad pudo tener su origen en la presentación contextualizada de los contenidos químicos en torno al agua de bebida embotellada, lo que pareció dificultar su transferencia y aplicación a otras situaciones del contexto. Sobre este aspecto, quizá hubiese sido necesario completar el estudio de las disoluciones con alguna tarea de síntesis que ayudara a los estudiantes a caracterizar las disoluciones desde una posición “más global”, es decir consideran-

do de forma conjunta todas sus características o propiedades, independientemente de la situación contextual planteada.

Otro aspecto a considerar, en relación al conocimiento químico, es el del manejo incorrecto del concepto de concentración en masa de soluto (tarea 4) por parte de un importante número de estudiantes, quizá derivado de la propia dificultad intrínseca de estos contenidos, de acuerdo con la bibliografía consultada (véase apartado 5.2.3, en capítulo V). Esta situación nos debe llevar a realizar ciertas modificaciones, algunas de las cuales ya se han apuntado tras el análisis de los resultados de esta tarea, en la presentación y enfoque en varias actividades de la secuencia; además, opinamos que sería adecuado aumentar el tiempo destinado a su desarrollo y gestión en el aula.

En términos generales, y salvo excepciones, los estudiantes disponen de un margen de mejora importante a la hora de elaborar y redactar explicaciones con una utilización adecuada del conocimiento científico. Aunque entendemos que el desarrollo de competencias científicas requiere de oportunidades para la práctica reiterada en el aula, consideramos que también se muestra necesario, a la vista de los resultados obtenidos, abordar en la secuencia estrategias específicas para “enseñar a explicar”.

Así, para la mejora de esta competencia científica en el aula creemos necesario incluir algunas actividades específicas –o bien rediseñar algunas actividades de la secuencia–, para que los estudiantes reconozcan y expliciten, oralmente o por escrito, las distintas funciones de una explicación científica o los aspectos básicos que debe contener (Hempel, 2007; Norris *et al.*, 2005). De la misma manera, parece necesario ayudar a los estudiantes en el proceso de construcción de “buenas” explicaciones científicas, primero de manera guiada y después de forma autónoma, en distintas situaciones y contextos (Hopson, 1972; McNeill y Krajcik, 2008).

Consideraciones sobre los resultados del bloque I

Con las tareas de evaluación de este bloque se ha pretendido obtener información sobre los distintos grados de desempeño de los estudiantes al aplicar la capacidad de *identificar cuestiones científicas* a ciertas situaciones relacionadas con el contexto del agua de bebida. Para poner de manifiesto esta capacidad se han utilizado las cuestiones 3 y 9 de la prueba, relacionadas con el reconocimiento de los rasgos clave de la naturaleza de la ciencia (concepto de modelo o/y identificación de cuestiones científicas), así como la tarea 7 relacionada con el identificación de términos claves para entender la información científica.

En términos generales, debemos indicar que se entendió bien la finalidad de las tareas de este bloque, teniendo en cuenta que los estudiantes no plantearon preguntas o dudas durante el desarrollo de la prueba, y que dos de ellas (tareas 7 y 9) contenían actividades bastante diferentes a las de una prueba escrita tradicional –y a las que estaban más acostumbrados los estudiantes participantes–.

De acuerdo con la demanda competencial, la tarea 3 revistió un menor grado de dificultad para los estudiantes, seguida de la tarea 9, seguida de la tarea 7 que resultó ser la más compleja. Así, mientras que la tarea 3 permitía la reproducción de conocimiento relacionado con el uso de modelos científicos, las otras dos tareas exigían utilizar el conocimiento para comprender, justificar, seleccionar información, etc. De acuerdo al análisis de los resultados, la tarea 3 se reveló poco idónea para un enfoque basado en la demanda competencial, mientras que la tarea 7 resultó la más completa desde esta perspectiva. En la misma medida, se considera que la tarea 9 puede ser adecuada desde este punto de vista, aunque se muestra necesario revisar su diseño y presentación para una mejor comprensión de su finalidad por parte de los estudiantes.

Si partimos de la premisa de que la *identificación de cuestiones científica* es una competencia importante a desarrollar en la clase de ciencias, tal como recoge el marco de PISA (OCDE, 2006a, 2009, 2012), creemos que sería necesario mejorar el diseño de algunas de las actividades de la secuencia propuestas para el fomento de esta competencia. Por ejemplo, la actividad A.1.3, a través de una participación más activa del alumnado, permitiendo que sean los propios estudiantes quienes formulen o planteen posibles preguntas investigables sobre el contexto del agua de bebida. De acuerdo con Sanmartí y Márquez (2012) promover y facilitar en el aula este tipo de situaciones podría ser un camino adecuado para fomentar el interés por la ciencia en los estudiantes al proponer un aprendizaje con más sentido y utilidad, al querer saber más e investigar.

Consideraciones sobre los resultados del bloque U

El objeto de las tareas de evaluación contenidas en este bloque era obtener información sobre el grado de desempeño de los estudiantes en relación con la capacidad de *argumentación y utilización de pruebas científicas* en distintas situaciones relacionadas con el contexto del consumo de agua de bebida.

Para poner de manifiesto esta capacidad se ha utilizado la tarea 5, para valorar la habilidad del estudiante para interpretar datos y pruebas científicas, así como las tareas 6 y 9, relacionadas ambas con la habilidad para identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones. El análisis efectuado puso de manifiesto que la primera de estas tareas presentó menor complejidad relativa para los estudiantes, mientras que las otras dos resultaron de mayor dificultad.

En este caso, estas diferencias parecen tener una razón bastante obvia: mientras que la tarea 5 presentaba de manera explícita una serie de datos para que los estudiantes justificaran sus respuestas, en las otras dos cuestiones los estudiantes debían recurrir al conocimiento científico para encontrar datos, esta vez implícitos, con carácter de prueba.

A pesar de todo, consideramos que los estudiantes captaron bien el sentido y finalidad de estas actividades, pues todos ellos presentaron secuencias o textos breves de carácter argumentativo con objeto de razonar su opción de respuesta. Ahora bien, el análisis de los resultados reveló, que en general, los argumentos presentados fueron de insuficiente

calidad, en particular en la utilización de pruebas adecuadas para fundamentar el razonamiento utilizado lo que aportó, además, escasa coherencia a sus justificaciones. Esta situación se volvió más evidente aún en las tareas 6 y 9, tal como se puso de manifiesto en su momento.

Dado la importancia que el adecuado desarrollo de la capacidad de argumentación tiene en el correcto aprendizaje de la ciencia (Jiménez Alexaindre, 2010; Pinochet, 2015) o la importancia que el marco de PISA concede a esta competencia científica (OCDE, 2006a) se torna necesario ayudar al estudiante a superar estas dificultades. Responder a este reto no parece una tarea sencilla, y requiere de un proceso de colaboración entre el profesor y el estudiante. Por un lado, el docente capaz de identificar las necesidades de su alumnado sobre este tema y de suministrarle herramientas o estrategias adecuadas para el progreso; pero por otro lado, el alumnado debe reconocer también sus dificultades para aprender a superarlas (Sardá y Sanmartí, 2000).

Debemos concluir que la escasa relevancia de los argumentos presentados por los estudiantes evidencia la necesidad de un trabajo explícito para enseñar esta competencia en el aula, y en este sentido, debemos incluir en la secuencia didáctica actividades que brinden al estudiante oportunidades para su desarrollo. Como apunta Jiménez Alexaindre (2010): *«Para aprender a argumentar y a usar pruebas lo más importante es practicarlo, sin embargo, puede ser útil trabajar en clase con ejemplos de la estructura de los argumentos y aprender a distinguir sus componentes»* (p. 79).

Partiendo de la dimensión del “saber hacer” que implicar una enseñanza basada en el desarrollo de competencias, opinamos que una forma de avanzar en este sentido podría ser el de incluir para futuras versiones de la secuencia didáctica, algunas actividades para la enseñanza explícita –aunque no excesivamente formal y basada en el ejemplo– de lo que se entiende por argumentación, así como la identificación de los componentes básicos de todo argumento, para posteriormente ofrecer situaciones y tareas que permitan practicar y desarrollar estas habilidades con la participación activa de los estudiantes. Proyectos educativos como IDEAS (Osborne, Erdurán y Simón, 2004), Mind the Gap o RODA (citados por Jiménez Alexaindre, 2010) –estos últimos desarrollados en la Universidad de Santiago de Compostela–, nos brindan claros ejemplos de esta línea de trabajo.

7.2. VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES

Finalizada la implementación de la secuencia didáctica se administró a los estudiantes participantes un cuestionario escrito con el objeto de conocer su opinión y valoración sobre el contenido de la propuesta y su desarrollo en el aula, que los estudiantes cumplieron de manera anónima. Este cuestionario ya fue ensayado en el estudio preliminar con 3º ESO llevado a cabo en el curso escolar 2010/2011 (véase capítulo IV) y puede consultarse en el anexo VI a esta memoria de tesis.


El cuestionario se estructura en dos apartados. En el primero se abordan cuestiones genéricas relativas a la edad y sexo de los participantes, interés por la materia de Física y Química de 3º ESO y calificación obtenida en esta materia. El segundo apartado consta de seis ítems diseñados para que los estudiantes valoren diferentes aspectos relacionados con la metodología y la secuencia, tales como la forma de trabajo en el aula, el interés por el tema propuesto, implicación en el desarrollo de la experiencia, grado de aprendizaje, aspectos más y menos destacados de la secuencia, etc., tal como se muestra en la tabla 7.41.

ÍTEMS	ASPECTOS ANALIZADOS
Núm. 1	Desarrollo en el aula (metodología).
Núm. 2	Interés del tema propuesto.
Núm. 3	Participación de los estudiantes.
Núm. 4	Aprendizaje relacionado con la Física y Química.
Núm. 5	Aprendizaje relacionado con el tema propuesto.
Núm. 6	Valoración de la experiencia.

Tabla 7.41. Aspectos analizados en los ítems del cuestionario de valoración final.


El cuestionario fue administrado a los estudiantes en la última sesión de la puesta en práctica (sesión núm. 13). En la presentación del cuestionario se pidió explícitamente a los estudiantes que trataran de comentar o justificar abiertamente la opción de respuesta elegida, a fin de obtener una visión más completa de sus puntos de vista; a modo de ejemplo, se muestra en la figura 7.32 el cuestionario cumplimentado por uno de los participantes.

Como incidencia destacable debemos apuntar que tres de los estudiantes participantes se negaron a cumplimentar el cuestionario. Ante el requerimiento del profesor estos estudiantes manifestaron *sentirse cansados* y mantuvieron su actitud a pesar de los intentos del docente al respecto. Como se indicó durante la implementación de la SEA en el aula (capítulo VI), estos tres estudiantes (dos chicas y un chico) se mostraron “poco colaboradores” durante el desarrollo de la secuencia, aunque debemos indicar que se trataba de un conjunto de estudiantes que, desde el principio de la intervención había mostrado muy poco interés por la actividades presentadas, y que en general, no parecía mostrar demasiado entusiasmo por las tareas escolares.




DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN MODELO PARA EL FOMENTO DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA EN LA EDUCACIÓN OBLIGATORIA (12-18 años)

SECRETARÍA PLURILINGÜE Y CULTURAL DE MCHN., ASES. EDU/2012-071179



CENTRO DEL PROFESORADO DE MÁLAGA
Consejería de Educación



EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA POR PARTE DEL ALUMNADO

Título de la unidad didáctica: **¿ES NECESARIO CONSUMIR AGUA EMBOTELLADA? (CONOCIENDO EL AGUA QUE BEBES)**

Curso: **3º ESO A – CURSO 2011/2012 (IES LUIS BARAHONA DE SOTO – ARCHIDONA)**

- Eres: ☒ Chica ☐ Chico
- Edad: **16**
- Esta asignatura (Física y Química) te interesa:

☐ Muy poco ☐ Poco ☒ Algo ☐ Bastante
- En la segunda evaluación en esta asignatura obtuviste un:

☐ Sobresaliente ☐ Notable ☒ Bien ☐ Aprobado ☐ Suspenso

Responde, por favor, de forma sincera a las siguientes preguntas:

1. La forma en que se ha trabajado en las clases durante esta experiencia ha sido:
(Señala la opción que esté más de acuerdo con tu percepción)

- ☐ Prácticamente igual a la de siempre.
- ☐ Han cambiado algunas cosas (actividades, forma de relacionarnos en las clases, actuación del profesor, etc.), pero la mayoría han sido similares.
- ☒ Han cambiado muchas cosas.
- ☐ Ha sido totalmente nueva.

Observaciones (escribe lo que consideres necesario para completar tu respuesta):

Las cosas no han sido tan normales como siempre, esto nos a servido para cambiar la rutina

2. El tema que se ha tratado en esta experiencia te ha parecido:
(Señala la opción que esté más de acuerdo con tu percepción)

- ☐ Muy poco interesante
- ☐ Poco interesante
- ☒ Interesante
- ☐ Muy interesante

Observaciones (escribe lo que consideres necesario para completar tu respuesta):

Es necesario saber las ventajas e inconvenientes del agua que bebemos

3. En general, durante esta experiencia en las clases te has sentido:
(Señala la opción que esté más de acuerdo con tu percepción)

- ☐ Muy poco implicado/a
- ☐ Poco implicado/a
- ☒ Implicado/a
- ☐ Muy implicado/a

Figura 7.32. Cuestionario cumplimentado por uno de los estudiantes.

Seguidamente se comentan y discuten los resultados más significativos encontrados en el análisis y categorización de los 22 cuestionarios cumplimentados por los estudiantes.

7.2.1. Análisis de las respuestas al cuestionario de valoración

En la figura 7.33 se muestran los resultados en relación al grado de interés que despertaba la materia de Física y Química de 3º ESO en los participantes. Debemos recordar que la secuencia didáctica se implementó en el penúltimo mes de clase, de forma que el grupo ya había tenido suficiente contacto con esta materia a lo largo del curso escolar.



Figura 7.33. Grado de interés por la materia de Física y Química 3º ESO.

Como se observa, 18 de los 22 participantes (82 %) manifestaron sentir *Algo* de interés por la materia, frente al resto que eligió *Bastante*, mientras que las opciones *Muy poco* o *Poco* no fueron elegidas por ninguno de los estudiantes. Estos resultados son muy similares a los encontrados en el estudio preliminar del curso 2010/2011, con un 80 % de los participantes *Algo*, *Poco* o *Muy poco* interesado por esta materia. Esta tendencia parece encontrarse en la línea de que los estudiantes de secundaria no suelen mostrar demasiado interés o curiosidad por las materias de Física o Química (ANQUE, 2005; Holbrook, 2008; Izquierdo, 2003; Porro, 2007), aspecto de interés que ya hemos puesto de manifiesto en el marco teórico de esa investigación (capítulo II).

Las calificaciones obtenidas en la materia de Física y Química por el grupo a lo largo del trimestre previo a la implementación de la secuencia se muestran en la figura 7.34.



Figura 7.34. Calificaciones de los estudiantes en Física y Química 3º ESO.

De acuerdo a estos resultados, debemos considerar que el grupo mostró un rendimiento académico en esta materia medio-bajo, con 15 estudiantes (68 %) presentando calificaciones iguales o inferiores al 6 (Bien). Debemos añadir que los tres estudiantes que no participaron en el cuestionario también obtuvieron muy bajas calificaciones a lo largo del periodo indicado.

Aunque no se analizaron de forma explícita los posibles motivos de esta doble situación, las indagaciones informales del profesor apuntaban a la “dificultad” de esta materia como principal causa percibida por los estudiantes, y que refleja por qué un reducido número de estos estudiantes (no más de cuatro) tuviera previsto seguir cursando la materia optativa de Física y Química en 4º curso de ESO, según estas mismas indagaciones.

En relación con el análisis de las repuestas de los estudiantes a los ítems del cuestionario, se ha optado en esta ocasión, por presentar los resultados agrupados en relación a los cuatro tópicos –y no según su orden en el cuestionario– sobre la implementación y el desarrollo de la secuencia en el aula que se consideran en la tabla 7.42, y que pasamos a comentar seguidamente.

DIMENSIONES DE ANÁLISIS	ÍTEMS RELACIONADOS
Sobre la secuencia didáctica y su desarrollo en el aula.	Ítem 1; ítem 6a; ítem 6b.
Sobre el tema de trabajo propuesto.	Ítem 2; ítem 6a.
Sobre la participación e implicación de los estudiantes.	Ítem 3.
Sobre la percepción de aprendizaje.	Ítem 4; ítem 5; ítem 6.

Tabla 7.42. Vinculación de los ítems del cuestionario con las dimensiones consideradas.

Sobre la secuencia didáctica y su desarrollo en el aula

En el primer ítem del cuestionario se planteó a los estudiantes que valoraran el grado de novedad de la experiencia planteada en cuanto a la forma de trabajo en el aula. Los resultados obtenidos se indican en la tabla 7.43 con indicación de la frecuencia de respuesta encontrada.

Ítem 1. La forma en que se ha trabajado en las clases durante esta experiencia ha sido:	<i>f</i>
Prácticamente igual a la de siempre.	5
Han cambiado algunas cosas.	10
Han cambiado muchas cosas.	3
Ha sido totalmente nueva.	4

Tabla 7.43. Resultados del ítem núm. 1 del cuestionario de valoración.

Observamos que 17 estudiantes (77 %) consideraron que la forma de trabajo en el aula había presentado cambios en relación a la habitual, frente a cinco que opinaron que *Poco* había cambiado, con una percepción de que las clases se habían desarrollado *Prácti-*

camente igual a las clases habituales. No obstante, la opinión más extendida, con diez estudiantes (45 %), se corresponde con la de un “cambio moderado”, es decir, con la percepción de un cierto grado de novedad en relación a las clases más habituales. Debemos destacar que estos resultados contrastan de manera importante con los obtenidos en el estudio preliminar realizado en el curso escolar 2010/2011, en los que 16 de 20 estudiantes (80 %) tuvieron una importante percepción de novedad sobre el desarrollo de las clases durante la intervención didáctica en relación a las clases más habituales (véase apartado 4.3.2.2 del capítulo IV).

Con objeto de conocer mejor el estado de opinión del grupo sobre la cuestión planteada, se procedió a analizar los comentarios y observaciones aportados por los estudiantes, que se recogen, de forma literal y agrupados por opción de respuesta, en la tabla 7.44. Como se observa se presentan en número reducido pues debe indicarse que no todos los estudiantes explicaban sus puntos de vista o aportaban razones para justificar su elección.

COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES AL ÍTEM NÚM. 1	
Ha sido prácticamente igual a la de siempre (f = 5)	
Alumnos/as que no justifican su elección: 2	
Observaciones y comentarios de los alumnos/as que eligen esta opción: <ul style="list-style-type: none"> – Las clases, algunas de ellas, se me han pasado rápido [C5]¹. – Las clases han sido prácticamente igual a las de siempre [C11]. – Hemos realizado actividades y las hemos corregido y explicado como normalmente [C18]. 	
Han cambiado algunas cosas pero la mayoría han sido similares (f = 10)	
Alumnos/as que no justifican su elección: 7	
Observaciones y comentarios de los alumnos/as que eligen esta opción: <ul style="list-style-type: none"> – Al grabarnos también ha cambiado la forma de trabajo en clase [C2]. – Unas cosas han cambiado más y otras menos [C3]. – Han cambiado algunas cosas pero otras no, como la forma de explicar del profesor, ha sido la misma de siempre y eso ha ayudado a que nos enteremos mejor [C22]. 	
Han cambiado muchas cosas (f = 3)	
Alumnos/as que no justifican su elección: 1	
Observaciones y comentarios de los alumnos/as que eligen esta opción: <ul style="list-style-type: none"> – Las clases no han sido tan normales como siempre, esto nos ha servido para cambiar la rutina [C9]. – Ha sido mejor que las clases normales [C17]. 	
Ha sido totalmente nueva (f = 4)	
Alumnos/as que no justifican su elección: 1	
Observaciones y comentarios de los alumnos/as que eligen esta opción: <ul style="list-style-type: none"> – Se podría mejorar, dando en vez de tanta clase y actividades, más prácticas y ejercicios como hicimos el de la disolución de agua y sal (experimentos) [C7]. – Me ha gustado la nueva forma de trabajar [C16] [C19]. 	

Tabla 7.44. Comentarios de los estudiantes agrupados por opción de respuesta (ítem 1).

¹ Los códigos entre corchetes indican la clave asignada al cuestionario para su análisis (recuérdese que los estudiantes respondieron de forma anónima).

Estos comentarios aportan algunas opiniones y matices sobre cómo se han desarrollado las clases o cómo han percibido los estudiantes la “forma de dar clase” durante la puesta en práctica de la secuencia, y muestran la diversidad de opiniones al respecto. Así, uno de los estudiantes aunque no percibió excesivas diferencias en la gestión de la clase en relación a las clases habituales, comentó que «*algunas clases se le habían pasado rápido*» [C5]; otro estudiante destacó que a pesar de la innovación planteada, que el profesor mantuviera “la forma de explicar” le facilitó la comprensión del tema [C22]; otro estudiante consideró suficientes los cambios en cuanto a la forma de trabajar en el aula, percepción que le llevó a afirmar que «*había servido para cambiar la rutina*» [C9]. Por último, otros estudiantes sí apreciaron un importante grado de novedad en cuanto a la dinámica de las clases, y así el estudiante [C16] opinó que «*le había gustado esta nueva forma de trabajar*».

En resumen, la mayoría de los estudiantes percibió cierto grado de novedad en relación a la manera en que se trabajó en las clases durante el desarrollo de la secuencia, mientras que prácticamente un tercio del grupo consideró que la propuesta ensayada supuso un desarrollo en el aula bastante distinto al tradicional, “un cambio en la rutina”, aspectos que debemos valorar muy positivamente. Lamentablemente, la tendencia a la “respuesta corta” y el escaso número de justificaciones nos privó de conocer de una manera más exacta los motivos y opiniones de los estudiantes y obtener posibles conclusiones de mejora al respecto.

En el ítem 6 se pidió a los estudiantes que valoraran la experiencia educativa en términos de “lo que más” y “lo que menos” les había gustado. En la tabla 7.45 se presentan los aspectos que más agradaron a los estudiantes agrupados en dos categorías, según hagan referencia al desarrollo de las sesiones de clase o al contenido de la secuencia de actividades.

Ítem 6a. Lo que más me ha gustado	<i>f</i>
Sobre las clases	
Clases más llevaderas (buenas) / divertidas / amenas / entretenidas.	5
La forma de trabajar.	4
No han sido clases normales.	2
Hemos interactuado todos.	1
Sobre la secuencia didáctica	
Aprender / conocer cosas nuevas sobre el agua de bebida.	8
Tema interesante.	5
Los experimentos.	4
Novedad.	1

Tabla 7.45. Categorización de respuestas en el ítem núm. 6, apartado a).

Como se puede apreciar, y en relación con la implementación de la secuencia, 11 de los estudiantes valoraron positivamente aspectos relacionados con la metodología emplea-

da, con clases «*que no han sido normales*», «*más divertidas, más llevaderas, más amenas, entretenidas*». Así, el estudiante [C6] consideró que lo que más le había gustado había sido «*la forma de trabajar*», mientras que el [C11] afirmaba haberle gustado «*todo, las clases han sido muy llevaderas y buenas y la forma de trabajar*» y [C3] «*que las clases no han sido igual que las normales*».

En relación a las actividades que se desarrollaron en el aula los estudiantes valoraron su contribución a la adquisición de nuevos aprendizajes, «*aprender cosas nuevas*», en particular sobre el agua de bebida, actividades que en muchos casos resultaron de interés para el alumnado. Así, uno de los participantes opinaba «*haber aprendido bastantes cosas sobre el agua*» [C3]; opinión parecida a la que expresaba el estudiante [C4]: «*Pues ha sido interesante y he aprendido cosas del agua que no sabía*» o el [C14]: «*Que hemos aprendido cosas interesantes*».

También las actividades de laboratorio, con un componente más lúdico, recibieron la valoración de algunos estudiantes: «*los experimentos con la sal y eso*» [C22]; «*los experimentos con el agua*» [C21]. Finalmente, queremos destacar que el grado de novedad que supuso el desarrollo de esta experiencia educativa en relación a las clases habituales, también fue apreciada por el estudiante [C2]: «*Que ha sido una actividad novedosa y hemos interactuado todos*».

Sin embargo, nos causó cierta extrañeza que las actividades de tipo TIC (simulaciones, vídeos, páginas web) no aparecieran en ninguna de las respuestas de los estudiantes, teniendo en cuenta que durante el desarrollo de la secuencia, este tipo de actividades fue bien acogido por los estudiantes, en concordancia con la literatura consultada (Cabero, 2007), como se ya indicó en la descripción de la puesta en práctica (capítulo VI).

Los elementos que menos agradaron a los estudiantes se presentan en la tabla 7.46, agrupados en dos categorías según hicieran referencia al contenido de la secuencia o a otros aspectos sobre su desarrollo, y que de nuevo muestran la variabilidad de opiniones al respecto.

Ítem 6a. Lo que menos me ha gustado	f
Sobre la secuencia didáctica	
Había actividades algo pesadas / aburridas / lentas.	10
No hay nada que no me haya gustado.	2
La parte teórica.	1
Había textos casi iguales.	1
Algunas cosas eran bastante difíciles.	1
En algunas preguntas tenías que responder casi lo mismo.	1
Otros aspectos del desarrollo	
Que me estuvieran grabando.	4
Tener que hacer examen.	3
Dar tantas horas a la semana.	1

Tabla 7.46. Categorización de respuestas en el ítem 6, apartado a) (continuación).

En relación con el contenido de la secuencia, los estudiantes hicieron, con una mayor frecuencia, referencia a actividades o partes de la secuencia que en su implementación resultaron «*aburridas, pesadas o lentas*»; se muestran algunos comentarios literales de los estudiantes sobre esta situación: «*Algunas veces me he aburrido un poco*» [C3]; «*Había actividades algo pesadas y algunas clases han sido muy largas*» [C5]; «*Había temas aburridos que ocupaban mucho tiempo*» [C12]; «*Que a veces se ha hecho un poco pesado*» [C13]. No obstante, los estudiantes no explicitaron cuáles fueron estas actividades o temáticas, por lo que carecemos de suficientes datos para tomar decisiones de mejora al respecto.

En menor medida, «*tener que hacer exámenes*», «*la dificultad de ciertas actividades*» o «*la parte teórica*» fueron otros aspectos poco valorados según la opinión de los estudiantes y para los que no creemos necesario realizar ningún comentario.

Entre los aspectos generales asociados con el desarrollo de la secuencia el peor valorado por los estudiantes se relacionó con la presencia de la videocámara en las sesiones de clase. Debemos recordar que durante los primeros días de la implementación el profesor participante informó, en varias ocasiones, de la necesidad de grabar en vídeo el desarrollo de la secuencia didáctica y su interés como instrumento de observación y análisis. A pesar de esta advertencia, la grabación en vídeo de las sesiones causó cierto malestar a varios de los participantes, con comentarios del tipo: «*Lo que menos me ha gustado es que había una cámara grabando*» [C13]; «*Que grabe la cámara*» [C15]; «*Que la cámara me grabase*» [C17].

Otra forma de valorar el desarrollo de la secuencia en el aula por parte de los estudiantes consistió en preguntarles *¿Si repetirían esta forma de trabajar?* (ítem 6b); los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.47.

Ítem 6b. ¿Repetirías esta forma de trabajar?	<i>f</i>
Sí	13
No	1
Depende	8

Tabla 7.47. Resultados del ítem núm. 6, apartado b).

La opción mayoritaria, elegida por 13 de los participantes (60 %) fue que *Sí repetiría*, resultado que entendemos como una valoración general positiva de la propuesta presentada; la opción *Depende* fue elegida por ocho estudiantes (36 %), mientras que un único estudiante se decantó por el *No*.

Completamos esta información presentando en la tabla 7.48, las principales razones que manejan los estudiantes para justificar su elección.

¿REPETIRÍAS ESTA FORMA DE TRABAJAR EN LAS CLASES?		
OPCIÓN	RAZONES DE LOS ESTUDIANTES	f
Sí	Porque ha sido interesante.	3
	Buen ambiente.	1
	Porque ha estado muy bien.	1
	Porque son más fáciles.	1
	No aporta ninguna razón.	7
Depende	Algunas partes han sido mejores / entretenidas / más interesantes / divertidas pero otras no.	3
	Si hay experimentos.	2
	Siempre así nos aburriríamos.	1
	De lo que se esté dando.	1
	No aporta ninguna razón.	1
No	Porque te están grabando.	1

Tabla 7.48. Comentarios de los estudiantes al ítem núm. 6, apartado b).

Los resultados obtenidos deben considerarse muy satisfactorios pues 21 estudiantes (95 %) manifestaron sentirse *Interesados* o *Muy interesados* por los distintos aspectos del agua de bebida tratados en la secuencia, frente a un único estudiante que indicó haberse sentido *Poco interesado*. Esta capacidad de despertar el interés de los estudiantes parece apuntar a la adecuación de este contexto para plantear situaciones de enseñanza-aprendizaje en el aula.

Los estudiantes que eligieron que *Sí*, que preferirían “trabajar de esta manera”, justificaron su decisión en términos como «*porque nos informamos de cosas interesantes*» [C10]; «*está muy bien*» [C8]; «*porque son más fáciles*» [C9] o «*se ha trabajado en un buen ambiente*» [C5], y que parece apuntar hacia una cierta conformidad con la propuesta de trabajo planteada.

En cuanto a la opción *Depende*, varios estudiantes opinaron «*que algunas veces había sido más entretenido que otras*» [C2], que «*si fuesen siempre así nos aburriríamos*» [C13], que «*según lo que se esté dando*» [C18], e incluso algún estudiante supeditó su elección a la presencia o no de “experimentos” en la secuencia: «*si es más de experimentos sí me gustaría*» [C21], comentarios que muestran la variabilidad de criterios e intereses de los estudiantes, y que son un reflejo de las múltiples situaciones de enseñanza-aprendizaje que ocurren en el aula.

Finalmente, el único estudiante que eligió *No*, que preferiría *No trabajar de esta manera*, justificó su elección por la presencia de la cámara y la incomodidad que tal situación le planteaba y no por aspectos relacionados con el diseño y contenido de la secuencia.

Sobre el tema de trabajo propuesto

La tabla 7.49 muestra la opinión de los participantes acerca del grado de interés que suscitó la temática elegida para el desarrollo de la secuencia (ítem 2), de acuerdo con una lista de gradación de cuatro niveles.

Ítem 2. El tema que se ha tratado en esta experiencia te ha parecido:	<i>f</i>
Muy poco interesante.	0
Poco interesante.	1
Interesante.	19
Muy interesante.	2

Tabla 7.49. Resultados del ítem núm. 2 del cuestionario de valoración.

Los resultados obtenidos deben considerarse muy satisfactorios pues 21 estudiantes (95 %) manifestaron sentirse *Interesados* o *Muy interesados* por los distintos aspectos del agua de bebida tratados en la secuencia, frente a un único estudiante que indicó haberse sentido *Poco interesado*. En la misma línea se manifestaron los estudiantes del estudio preliminar con 19 de 20 estudiantes considerando la temática propuesta como *Interesante* o *Muy interesante*, según se apuntó en el capítulo IV. Esta capacidad de despertar el interés de los estudiantes parece apuntar a la adecuación de este contexto para plantear situaciones de enseñanza–aprendizaje en el aula.

Con el objeto de comprender mejor por qué los estudiantes consideraron de interés esta temática, seguidamente se presentan sus comentarios literales agrupados por opción de respuesta (tabla 7.50), aunque volvemos a insistir en que no todos los participantes maticaban o explicaban sus puntos de vista.

COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES AL ÍTEM NÚM. 2	
Me ha parecido poco interesante	
–	Ha sido todo de lo mismo, al principio era todo nuevo, pero luego las preguntas eran más repetidas [C7].
Me ha parecido interesante	
–	Es interesante el tema del agua, ya que es de consume diario y está bien conocer más a fondo sus ventajas [C2].
–	Porque nunca hemos dado un tema así [C3].
–	Es necesario saber las ventajas e inconvenientes del agua que bebemos [C9].
–	En general ha sido la experiencia bastante interesante porque hemos tratado temas bastante buenos [C11].
–	Me ha gustado saber qué agua es la mejor, de lo que están compuestas ambas [C16].
–	Ha estado muy bien e interesante [C19].
–	Porque me ha ayudado para aprender del agua [C21].
Me ha parecido muy interesante	
–	Me ha gustado saber más del agua que bebo [C5].
–	Siempre viene bien saber cosas que tenemos tan cerca todos los días y aprender cosas nuevas que no sabíamos de algo tan necesario en nuestro día a día como es el caso del agua [C22].

Tabla 7.50. Comentarios de los estudiantes al ítem núm. 2.

Como se observa, entre los estudiantes que manifestaron interés por el tema planteado nos encontramos con cierta homogeneidad en cuanto a los motivos indicados. Estos hacen referencia a distintos aspectos relacionados con el consumo de agua, aunque el foco de interés se centra, principalmente, en el interés por aprender “cosas nuevas” del agua que bebemos: qué tipo de agua es mejor (del grifo o embotellada), ventajas e inconvenientes de su consumo, su composición, etc. Debemos destacar este hecho pues las situaciones del contexto, como uno de los pilares básicos en que se apoya nuestra propuesta educativa, parecen mostrar cierta utilidad y atractivo para los participantes.

Como complemento a lo indicado, y tal como se comentó más arriba, al ser preguntados los estudiantes por “lo que más les había gustado” (ítem 6a) varios estudiantes (cinco en concreto) indicaron que el tema propuesto les había resultado de interés, aspecto que aparece recogido en la tabla 7.36 anteriormente comentada.

Sobre la participación e implicación de los participantes

En otro de los ítems del cuestionario se planteó a los estudiantes que expresaran cómo se habían sentido durante el desarrollo de la experiencia en términos de su grado de implicación (ítem 3); los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.51.

Ítem 3. En general, durante esta experiencia en las clases te has sentido:	<i>f</i>
Muy poco implicado/a	1
Poco implicado/a	2
Implicado/a	14
Muy implicado/a	5

Tabla 7.51. Resultados del ítem núm. 3 del cuestionario de valoración.

En este caso 19 estudiantes (86 %) manifestaron sentirse *Implicados* o *Muy implicados* con el desarrollo de la experiencia, en paralelo con lo registrado en el estudio preliminar con 18 (de 20 estudiantes) en el mismo estado de opinión. Partiendo de la premisa de que el éxito de una innovación educativa depende, en buena medida de la implicación y participación activa del alumnado (Freire, Faria, Galvao y Reis, 2013; Vaino, Holbrook y Rannikmäe, 2012), debemos considerar estos resultados como muy positivos.

Volviendo a nuestro análisis, solo uno de los estudiantes declaró en su respuesta el motivo de elección: «*He estado implicado porque me ha interesado bastante este tema*» [C16]. Otros seis estudiantes, aunque no concretaron sus motivos, sí nos brindaron algunos comentarios al respecto, que quedan recogidos en la tabla 7.52 agrupados por opción de respuesta.

COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES AL ÍTEM 3	
Me he sentido implicado/a	
–	He participado en mi respuesta a las preguntas, en la clase he colaborado y mostrado interés [C7].
–	Todos hemos participado por igual [C9].
Me he sentido muy implicado/a	
–	He corregido, leído y colaborado en todo [C2].
–	Hemos contestado preguntas, cada uno con su opinión [C3].
–	He participado bastante en esta actividad [C5].
–	He participado mucho en todos los ejercicios [C19].
–	Porque he intentado colaborar en lo posible [C22].

Tabla 7.52. Comentarios de los estudiantes al ítem núm. 3.

Como se observa, los comentarios de los estudiantes giran en torno a la percepción de su grado de participación en las distintas actividades de la secuencia. Lamentablemente su reducido número no nos permite tener un conocimiento más amplio de las “sensaciones” que despertaron en los estudiantes el desarrollo en el aula de esta experiencia didáctica, aunque parecen apuntar a la percepción de participación y colaboración ya mencionada. Por otro lado, los tres estudiantes que manifestaron haberse sentido *Muy poco* o *Poco implicados* en el desarrollo de esta experiencia no explicitaron ninguna razón o motivo privándonos de la oportunidad de mejora que tal situación nos brindaba.

Sobre la percepción del aprendizaje

En el cuarto ítem del cuestionario se demandaba del estudiante que valorara “cuánto había aprendido” sobre el tema del consumo de agua de bebida planteado como eje para el desarrollo de la secuencia. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.53.

Ítem 4. Sobre el tema has aprendido	<i>f</i>
Muy poco	---
Poco	---
Algo	8
Mucho	14

Tabla 7.53. Resultados del ítem núm. 4 del cuestionario de valoración.

En esta ocasión, 14 estudiantes (64 %) tuvieron la percepción de haber aprendido *Mucho* sobre la temática planteada, mientras que el resto manifestó haber aprendido *Algo*. Por otro lado, consideramos relevante que ninguna de las dos primeras opciones –*Muy poco* o *Poco*– fueran elegidas por los estudiantes.

Los comentarios aportados por los estudiantes en este ítem aparecen recogidos en la tabla 7.54, para cada una de las opciones de respuesta indicadas.

COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES AL ÍTEM 4	
He aprendido algo	
–	He aprendido muchas cosas nuevas de las que no tenía ni idea [C7].
–	He aprendido sobre la composición del agua [C8].
He aprendido mucho	
–	He aprendido muchas cosas que desconocía [C2].
–	He aprendido muchas cosas sobre los dos tipos de agua, por ejemplo, las ventajas e inconvenientes [C3].
–	Me ha gustado la forma de trabajar [C5].
–	He aprendido bastante sobre el agua [C9].
–	Sobre el agua embotellada y del grifo y las puedo diferenciar [C10].
–	He aprendido bastante que anteriormente no sabía [C16].
–	Era interesante, causaba interés [C19].
–	Es bueno saber cosas sobre el agua [C21].
–	Porque si te gusta algo le pones interés y aprendes más [C22]

Tabla 7.54. Comentarios de los estudiantes al ítem núm. 4.

El análisis de estos comentarios nos ha permitido conocer algunos aspectos del contexto del agua de bebida que fueron considerados más relevantes por parte de los estudiantes, entre los que aparecen conocer posibles inconvenientes asociados al consumo de ambos tipos de agua (embotellada y del grifo) o su composición química.

En esta misma línea, en el ítem 5 del cuestionario, se demandó del estudiante que valorara “la cantidad de ciencia” aprendida con la experiencia; los resultados se muestran en la tabla 7.55.

Ítem 5. En general, durante esta experiencia, sobre ciencia (Física y Química) has aprendido:	<i>f</i>
Muy poco	---
Poco	---
Algo	12
Mucho	10

Tabla 7.55. Resultados del ítem núm. 5 del cuestionario de valoración.

Al igual que en la cuestión anterior las respuestas de los estudiantes se encuentran polarizadas en dos únicas opciones, y así 12 estudiantes (55 %) tuvieron la percepción de haber aprendido *Algo*, frente al resto que eligió la opción *Mucho*, mientras que las dos primeras opciones –*Muy poco* o *Poco*– no fueron elegidas por los estudiantes.

Tal como se ha venido haciendo con los ítems anteriores, se procedió a analizar los distintos comentarios y observaciones de los estudiantes (tabla 7.56).

COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES AL ÍTEM 5	
He aprendido algo	
<ul style="list-style-type: none"> – Sobre las disoluciones, los modelos, etc. [C2]. – He aprendido sobre la disolución de la sal y el agua [C8]. – He aprendido algo de química que no sabía [C9]. – Creo que he aprendido algo que anteriormente no sabía [C16]. 	
He aprendido mucho	
<ul style="list-style-type: none"> – Por ejemplo, términos como pura, disolución [C3]. – Ha sido interesante, entretenida y he aprendido muchas cosas [C7]. – He aprendido más de FQ, ya que nos hemos salido de la rutina y ha estado bastante bien [C22]. 	

Tabla 7.56. Comentarios de los estudiantes al ítem núm. 5.

En este caso, las contribuciones de los estudiantes (ambiguas en algunos casos) se limitan a citar algunos de los contenidos de química trabajados en la secuencia, y más concretamente, aprendizajes relacionados con aspectos de las disoluciones y el uso de modelos.

En la tabla 7.57 se presenta una comparativa de los resultados obtenidos en los ítems 4 y 5 del cuestionario.

¿CUÁNTO HE APRENDIDO?	ALGO	MUCHO
Sobre el contexto (sobre el agua de bebida)	8 (36 %)	14 (64%)
Sobre ciencia (sobre química)	12 (55 %)	10 (45 %)

Tabla 7.57. Comparación de las frecuencias de las respuestas a los ítems 4 y 5.

Observamos cómo es mayor el número de estudiantes que opinaba haber aprendido más sobre la temática del agua de bebida que sobre ciencia, es decir los estudiantes tuvieron la percepción de haber logrado un mayor aprendizaje en aquellos aspectos relacionados con el contexto del agua de bebida. Resultados similares se encontraron en el estudio preliminar realizado en el curso 2010/2011.

Estos resultados, francamente inesperados en ambos estudios, fueron motivo de sorpresa, en tanto que en la secuencia didáctica era sensiblemente mayor el conjunto de actividades diseñadas para el desarrollo de los contenidos de química. Así, en el caso del estudio principal, debe recordarse que ocho de las sesiones de clase y 22 actividades (de un total de 34), se dedicaron a abordar los contenidos curriculares específicos de la materia de Física y Química de 3º ESO necesarios, en nuestra opinión, para una correcta comprensión del contexto elegido, tales como diferencia entre sustancia pura y mezcla, tipos de mezclas, caracterización y propiedades de las disoluciones, métodos de separación, modelos de partículas para explicar las disoluciones, composición de una disolución, cálculos de la concentración en masa de una disolución, etc.

La introducción de los contenidos científicos desde situaciones tan cotidianas y en respuesta a cuestiones tan delimitadas y específicas, fruto del enfoque utilizado en el diseño de las actividades de la secuencia, creemos que fue la causa de esta percepción. El uso del contexto del agua de bebida resultó de interés y pareció dotar de utilidad y sentido a los aprendizajes, aunque pareció también “diluir” la percepción del aprendizaje de los contenidos de química abordados, «*de no haber aprendido mucho sobre ciencia y sí sobre el agua*» que se ha observado en el grupo. Muy probablemente, la introducción y desarrollos más clásicos de estos mismos contenidos en el aula hubiera arrojado un resultado diferente.

7.2.2. Algunas consideraciones desde la perspectiva de los estudiantes

Sobre el cuestionario de valoración utilizado

El desarrollo del cuestionario no ha planteado, al menos no hemos tenido constancia, dificultades a los estudiantes. El uso de un lenguaje asequible y la ausencia de preguntas sobre el contenido de los ítems evidencian este hecho. El cuestionario ha mostrado su utilidad para valorar y analizar distintos aspectos de la implementación y desarrollo de la experiencia didáctica desde la perspectiva de los estudiantes; sin embargo, hemos constatado que algunos de los ítems presentados no han arrojado datos suficientes para obtener la visión de conjunto que pretendíamos, aspecto que también se pudo poner de manifiesto en el estudio preliminar realizado con estudiantes de 3º ESO en el curso escolar 2010/2011.

Así, fueron más bien pocos los estudiantes que completaron sus respuestas con reflexiones personales, con un escaso número de justificaciones y no siempre suficientemente esclarecedoras, a pesar de que recibieron instrucciones orales sobre su necesidad al comenzar el cuestionario. Las respuestas habrían sido mucho más enriquecedoras si los estudiantes hubieran explicitado los motivos de su elección, aunque presuponíamos una situación como la encontrada de acuerdo con la experiencia del docente, y en este sentido no esperábamos demasiadas ni extensas aclaraciones.

Entendemos que tal como se plantearon algunas de las cuestiones, muchos estudiantes no consideraron necesario aportar algún comentario, explicar sus respuestas o motivos, o no quisieron escribirlos, muy probablemente por desconocer la dinámica y finalidad de este tipo de instrumentos de valoración. Por eso, creemos necesaria la revisión del cuestionario para futuras ocasiones, en aras de conseguir unos datos de mayor calidad, con algunas propuestas de mejora:

- a) Replantando ciertas cuestiones con el fin de que los estudiantes hagan explícitos los motivos de su elección (por qué, explica tu respuesta, etc.).
- b) Incluyendo otras cuestiones adicionales que permitan a los estudiantes, desde su perspectiva, aportar posibles mejoras (qué cambiarías, qué mejorarías, qué in-

cluirías, qué eliminarías, etc.); opinar sobre los aspectos de la secuencia que han resultado de su preferencia (qué tipo de actividades han resultado más difíciles o fáciles, más tediosas o entretenidas, qué contenidos se comprendieron mejor, etc.); o por ejemplo, valorar la utilidad de la secuencia en relación a su vida diaria (lo consideras un tema relevante, te ha parecido útil, para qué te ha servido, etc.).

- c) Valorando la posibilidad de incluir respuestas cerradas pero de opción múltiple, que recojan la posible gama de “respuestas tipo” ya analizadas y validadas en ensayos previos.

Sobre la percepción de los estudiantes

En primer lugar, y de acuerdo con los resultados obtenidos, indicar que la temática del “consumo de agua de bebida” propuesta como eje para el desarrollo de la secuencia, se reveló como un contexto de interés para los estudiantes, y así consideramos que la aplicación de la secuencia fomentó el interés casi unánime de los estudiantes por conocer “cosas nuevas” del agua que bebemos, en clara relación con la utilidad y relevancia de esta problemática.

Resulta muy satisfactorio comprobar que buena parte del grupo opinó haber aprendido “mucho” sobre el agua de bebida y sobre ciencia, lo que parece apuntar hacia una acertada elección de los contenidos de la secuencia. En la misma medida, nos infunde confianza y garantía el hecho de que un número significativo de estudiantes valorara positivamente la innovación aplicada, prefiriendo volver a trabajar “de esta manera” en un futuro; o que considerara «*mejores o más divertidas*» las clases durante el desarrollo de la propuesta en relación a las clases habituales.

Asimismo, la aplicación de la secuencia pareció favorecer la creación de un buen clima de trabajo en el aula, con una percepción de mayor implicación y participación activa, aspectos destacados por los propios estudiantes.

Esta apreciación positiva generalizada en relación a la manera de abordar la enseñanza en el aula (innovadora en cuanto al enfoque, temática y actividades), no se vio complementada en el mismo grado por una percepción de novedad en la “forma de trabajar en las clases”, para algunos estudiantes muy próxima a la habitual, a la “de siempre”. Quizá el excesivo control y dirección de la clase por parte del profesor, o quizá un exceso de rutina con ciclos de explicaciones, ejercicios y correcciones pudieran ser la causa, aspectos sobre los que debemos reflexionar para la mejora en futuras aplicaciones.

A la vista de lo expuesto y con los matices indicados, debemos considerar que, en las condiciones de la implementación, los resultados del cuestionario reflejan una percepción y valoración positivas de los estudiantes hacia el empleo de enfoques de enseñanza basada en contexto como el propuesto en esta investigación, frente a otros más tradicionales.

7.3. VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA POR PARTE DEL PROFESOR INVESTIGADOR

Un elemento clave en relación al análisis de la implementación de la secuencia didáctica es el profesor-investigador y lo que ocurre en el aula según su propia visión. De ello nos ocuparemos en este epígrafe.

Para fundamentar la valoración del proceso de desarrollo de la experiencia en el aula, desde la perspectiva del profesor participante, utilizaremos el informe de la puesta en práctica presentado en el capítulo VI, así como el análisis de las anotaciones realizadas por el profesor en el diario de clase (que pueden consultarse en el anexo IIIC de esta memoria de tesis). Debemos hacer constar que esta valoración se hizo varios meses después de la elaboración del informe de la puesta en práctica antes mencionado, con la intención de obtener una visión más distante de la realidad del aula.

Se pretende con ello constatar qué aspectos han funcionado mejor o qué no ha funcionado en la puesta en práctica y por qué, como punto de partida para futuras propuestas de mejora. Con este objeto, se presentará un número significativo de registros literales extraídos de los documentos antes citados, que narrados por el propio profesor, muestra la descripción de un conjunto de situaciones e incidencias observadas en el aula, la interpretación y valoración que de ellas realiza, así como las impresiones, percepciones y actitudes observadas en relación a los siguientes cuatro tópicos:

- a) Grado de novedad y relevancia del tema.
- b) Diseño y contenido de la secuencia didáctica.
- c) Desempeño de competencias científicas.
- d) Interés, participación y actitud de los estudiantes.

Grado de novedad y relevancia del tema

Se consideran en primer lugar algunos aspectos relacionados con la *novedad/innovación* que supuso para el grupo la intervención didáctica. Un primer elemento novedoso debemos situarlo en relación a la temática planteada en la experiencia educativa. Recordemos que la secuencia se estructura en torno a un problema (el consumo de agua de bebida embotellada) que, presente en la vida diaria del estudiante, debe considerarse un problema de tipo socio-científico de relevancia mundial, como evidencia la cantidad de debates abiertos en torno a este tema: impacto sobre la salud, cultural, económico. La elección del tema y la finalidad de la propia propuesta causó un cierto desconcierto entre el alumnado, como muestran las siguientes observaciones registradas:

«... me han hecho algunas preguntas que revelan algo de recelo:

- ¿Pero esto hay que estudiarlo? (E18)*
- Maestro, ¿qué tiene que ver esto con la Física y Química? (E22)*

– *¿Qué nos tenemos que estudiar por qué bebemos agua? (E09)»*

(Anotación del profesor – Actividad de introducción - Sesión 1)

«... tengo la sensación de que no acaban de entender qué estamos haciendo, todo esto es bastante novedoso para ellos... “Es que nunca hemos dado un tema así” me dicen».

(Comentario del profesor – Sesión 1)

Debido a la temática novedosa que presentaba la propuesta, durante las primeras sesiones el profesor observó cierta preocupación en unos pocos estudiantes –los que presentaban mayor rendimiento académico, respecto a si se iban a impartir los “contenidos del libro”, y así se lo manifestaron al docente:

«Al terminar la clase se me han acercado E03, E16 y E17. Me han dicho que los contenidos (sobre mezclas) parecen muy fáciles y que si eran los mismos que en el libro. Al parecer están preocupados por el nivel porque quieren seguir dando FyQ en 4º. Les he dicho que el nivel es similar aunque nosotros lo estamos aplicando a situaciones muy particulares».

(Anotación del profesor – Sesión 2)

Esta situación parece poner de manifiesto la necesidad de una cierta adaptación de los estudiantes hacia las innovaciones educativas (Overman, Vermun, Meigel y Brekelmans, 2014). No obstante, durante el desarrollo de la secuencia pareció mejorar esta desconfianza inicial, a medida que de forma natural se iba mostrando a los estudiantes los distintos tipos de contenidos que la propuesta abordaba, y en particular que se trataban contenidos de la materia de Física y Química aunque de una forma “menos habitual”. De esta manera, el profesor observó que un buen número de estudiantes mantenían una cierta expectación durante el desarrollo de la secuencia:

«Llevamos seis sesiones. Hasta ahora el grupo se ha mostrado bastante receptivo y ha atendido, en general, a todo lo que se iba pidiendo. Da la sensación de querer saber adónde va a parar esto».

(Comentario del profesor – Sesión 6)

En términos generales, la puesta en práctica revela situaciones en las que los estudiantes apreciaron la funcionalidad/utilidad de esta forma de abordar los contenidos de enseñanza “contextualizados”:

«Algunos alumnos muestran sorpresa cuando ven la cantidad de “cosas” que lleva el agua del grifo.... A los estudiantes les ha interesado bastante poder comparar la composición de distintos tipos de aguas; los he visto mucho más implicados en esta actividad. Incluso E22 me ha dicho que “esto le parecía más útil”».

(Comentario del profesor – Actividad A.5.1 – Sesión 7)

«He notado que algunos estudiantes mostraban más interés cuando se ha dicho que el agua mineral natural F... pudiera “ser peor” que el agua del grifo de Sevilla. He procurado insistir en que no esto puede afirmarse con carácter general sino que depende de la situación planteada».

(Anotación del profesor – Sesión 8)

...les insisto un poco en esto y me han dicho que no hacía falta que les ha quedado claro, que no siempre es mejor el agua embotellada, que cada una tiene sus ventajas e inconvenientes.

(Comentario del profesor – Actividad A.7.1 – Sesión 13)

Esta relación con el contexto supuso cierta confusión para los estudiantes sobre cómo estudiar los contenidos de la secuencia o “qué debían de estudiar para la prueba de evaluación”:

«¿Cómo nos vamos a estudiar esto del agua? ¡Esto no se puede estudiar!»

(Comentario de E22 en relación a la tarea 6 – Sesión 11)

«Si me preguntas qué es una disolución, ¿qué pongo lo del agua embotellada?»

(Comentario de E18 – Sesión 13)

Desde el marco en el que se inserta esta experiencia educativa, un segundo elemento novedoso, sin duda, para los estudiantes debemos buscarlo en el enfoque del proceso de enseñanza-aprendizaje basado en el desarrollo de competencias, de acuerdo con la demanda de los currículos actuales para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), y particularmente para el desarrollo de competencias científicas. El énfasis en la demanda competencial de las actividades propuestas parecía en muchas ocasiones “complicar” el trabajo de los estudiantes, quizá por la falta de oportunidades en el aula para afrontar este tipo de situaciones:

«Algunos estudiantes se quejan de dificultad y no saben lo que poner. Consultan entre sí y manifiestan dudas sobre si la calidad o el precio se pueden investigar científicamente».

(Anotación del profesor – Actividad A.1.3 – Sesión 1)

Dado el interés de esta actividad [A.1.3], con relación al desarrollo de la competencia científica, el profesor matiza convenientemente lo que deben hacer los estudiantes, cuando observa que algunos de ellos no acaban de comprender lo que se les demanda [...] e interviene tratando de guiar al grupo.

(Extracto del informe de la puesta en práctica - Sesión 1)

«El profesor dedica varios minutos a aclarar y ejemplificar la diferencia entre cuestión científica de aquella que no lo es, utilizando la “cal” y el sabor como ejemplos. Los estudiantes participan en la dinámica del profesor y a la pregunta de si se ha entendido mejor ahora esta distinción le contestan mayoritariamente que “Sí”».

(Extracto del informe de la puesta en práctica - Sesión 2)

«El profesor espera que, con lo trabajado en clase, respondan de manera correcta a esta cuestión [A.2.4]. No obstante, la respuesta sólo se considerará válida si queda adecuadamente justificada a partir de los datos del análisis que se acompaña».

(Extracto del informe de la puesta en práctica - Sesión 3, p. X)

«Pocos estudiantes han contestado de manera precisa a lo que se demandaba [identificar términos clave]. Habría que valorar si introducir tras el enunciado de la cuestión algún ejemplo para que sirva como guía del trabajo a desarrollar».

(Anotación del profesor – Actividad A.2.5 –Sesión 3)

«La utilización de pruebas como actividad de clase no es algo a lo que los estudiantes estén habituados y se muestran confundidos con lo que se les demanda; ante esta situación, el profesor decide ayudar al grupo leyendo otra vez el segundo párrafo del texto [A.3.1]».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

La grabación en vídeo de las sesiones de clase, pero más particularmente la presencia de la cámara, también debe considerarse un aspecto novedoso para el grupo, con situaciones que se manifestaron de varias formas:

«Con la presencia de la cámara y de observadores externos el grupo parecía algo desorientado...».

«...sé que no son muy participativos, pero incluso los “más lanzados” han estado hoy especialmente “cohibidos”, quizá por la presencia de la cámara».

(Comentarios del profesor – Sesión 1)

“Sentirse observado” supuso cierta incomodidad para algunos de los estudiantes, que así se lo manifestaron al docente, considerando este elemento externo como un motivo de queja:

«Unos pocos (3 ó 4) se han quejado de la presencia de la cámara: “No me gusta nada que me estén grabando” me ha dicho E20».

(Anotación del profesor –Sesión 4)

La presencia de observadores externos o la propia presencia de la cámara contribuyó a que el comportamiento del grupo mejorara en relación a las “clases normales”, aunque debemos indicar que no se trataba de un grupo especialmente conflictivo; de hecho, en ocasiones puntuales y debido sobre todo al factor hora, en que este comportamiento no era el más adecuado, la referencia a la presencia de la cámara permitía que el grupo se “calmara”, y actuaba como aliciente para continuar con las actividades:

«El factor viernes...Me esfuerzo para mantener la disciplina y les pido que me ayuden a continuar; les recuerdo que nos están grabando. Mi ruego funciona y el grupo se presta para completar la actividad».

(Anotaciones del profesor - Sesión 5)

Diseño y contenido de la secuencia didáctica

Tratando de buscar un cierto equilibrio entre novedad/familiaridad y nivel de dificultad/complejidad, los estudiantes trabajaron actividades más académicas, más clásicas en el aula de Física y Química, aunque relacionadas con situaciones del contexto elegido, y otras bastante más novedosas (por contenido y formato) y que ofrecían situaciones de desempeño menos familiares para los estudiantes.

«Debemos recordar que este tipo de actividades se alejan drásticamente de los que para ellos constituye una clase de física y química habitual aunque no se han encontrado incidencias dignas de mención».

(Extracto del informe de la puesta en práctica - Sesión 1)

«Las actividades no presentaron especiales dificultades, sólo son novedosas en el aula de Física y Química».

(Anotación del profesor – Sesión 2)

«La actividad A.2.8 debe considerarse de especial interés pues sintetiza la respuesta al interrogante ¿qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?, uno de los interrogantes organizadores planteados para estructurar el desarrollo de la secuencia. En opinión del profesor se trata de una actividad más exigente que las anteriores pues necesita que el estudiante revise la información proporcionada a lo largo de la tarea y la aplique al contexto del agua de bebida».

(Extracto del informe de la puesta en práctica - Sesión 3)

«Las actividades que estamos realizando no son difíciles pero se alejan de las normales de una clase de FQ. Los estudiantes no acaban de ver el por qué estamos haciendo esto, aunque alguno me ha dicho que “por lo menos le sirve para conocer mejor el agua que beben”».

(Comentario del profesor – Actividad A.5.2 – Sesión 9)

«Muy posiblemente, los estudiantes se encuentran totalmente ajenos a estas consideraciones, o quizá nunca se hayan planteado este tipo de cuestiones [razones para el consumo de agua embotellada], por lo que esta tarea [tarea 6] busca hacer más conscientes a los estudiantes de estas razones para el consumo y de su posible fundamento científico, si las tienen».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 10)

En términos generales, y de acuerdo con las anotaciones realizadas, un elevado porcentaje de las actividades planteadas se mostraron adecuadas al fin previsto, en el sentido de que funcionaron bien en el aula, fueron correctamente interpretadas por los estudiantes, y durante su desarrollo no se apreciaron incidencias destacables. Los siguientes extractos muestran algunos ejemplos al respecto:

«La actividad [A.2.4] se corrige de manera rápida en gran grupo. A la pregunta del profesor de si “¿es pura el agua del grifo?” los estudiantes contestan unánimemente que “No”; el profesor observa que la actividad ha sido correctamente interpretada por la totalidad de los estudiantes, y que la mayoría de ellos justifican adecuadamente sus conclusiones, si bien utilizando distintos grados de aproximación a la respuesta deseada...».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 2)

«Creo que la conclusión final que se deriva de esta actividad sí que ha quedado clara, y así lo manifiestan varios estudiantes».

(Comentario del profesor –Actividad A.2.8 – Sesión 3)

«La actividad se realiza de forma rápida y el docente puede constatar que todos los estudiantes eligen la tercera imagen como ejemplo de disolución; también puede comprobar que muchas de los razonamientos utilizados en las explicaciones apuntan en la dirección correcta aunque en ocasiones revelan falta de rigor o precisión...».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 3)

«Se puede probar, se puede pesar y se puede recuperar. Estas son las tres evidencias del texto. La mayoría del grupo responde correctamente a esta cuestión».

(Anotación del profesor – Actividad A.3.1 – Sesión 4)

«En el análisis a posteriori de la sesión de hoy no se han observado dificultades dignas de interés, y las actividades trabajadas parecen mostrarse adecuadas en relación a los objetivos planteados, por lo que no se prevé realizar cambios.

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

«... las dos actividades finales parecen haber captado el interés de los estudiantes y han resultado más dinámicas que las primeras, con un mayor número de intervenciones».

«Han gustado bastante las simulaciones sobre la estructura de la sal y del agua y sobre el proceso de disolución. Han cumplido bien su función de motivación. Parece que ha quedado clara la necesidad de utilizar modelos para explicar procesos que no vemos».

(Comentarios del profesor – Actividades A.3.6 y A.3.7 – Sesión 5)

«Durante los minutos que el grupo tarda en completar la actividad A.4.3 aprovecho para sondear el grado de dificultad. Hay unanimidad en que la actividad es muy sencilla. Miro los cuadernos y la mayoría realizan bien los cálculos aunque no todos ponen las unidades correctamente».

(Anotación del profesor – Sesión 6)

«Los equipos no manifiestan ninguna duda sobre las nuevas actividades, aunque algunos alumnos se han quejado de que había que hacer “muchas cosas”».

(Comentario del profesor – Sesión 11)

Por el contrario, algunas de las actividades presentadas no fueron correctamente interpretadas por los estudiantes, quizá no se entendieron adecuadamente, o bien no se acabó de captar el sentido/objetivo, aunque opinamos que el planteamiento de estas actividades se mostraba coherente con su finalidad, lo que parece apuntar a la escasa familiaridad de los estudiantes con su contenido o formato.

«... tengo la percepción de que los estudiantes están “algo perdidos”; parece que no se ha entendido el sentido de esta actividad»

(Comentario del profesor en relación a la actividad A.1.2 – Sesión 1)

«(...) Los estudiantes resuelven la actividad [A.5.3] tratando de confeccionar breves resúmenes del texto leído (con más o menos coherencia), en vez de seguir las indicaciones dadas en el enunciado, debiéndose concluir que no acaba de quedar clara la finalidad de esta actividad. En respuesta a esta situación, el profesor decide realizar una puesta en común, la cual no estaba inicialmente programada, y con la que se pretende mejorar el desarrollo de esta actividad que no se ajusta a lo previsto como constata el profesor».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 3)

«A pesar de las varias veces que el profesor intenta aclarar lo que la actividad [A.3.4] demanda tiene la percepción de que los estudiantes no la están entendiendo, e incluso registra algunas quejas relacionadas con el sentido de esta actividad. Decide no insistir más y esperar al análisis de los cuadernos de trabajo».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 5)

«Las dos primeras cuestiones de la actividad A.6.2 se completan y corrigen de forma rápida, y no parece que hayan planteado demasiados problemas. Se ha entendido bien lo que demandaba cada una. Sin embargo, con la tercera el grupo parecía “algo perdido”».

(Comentario del profesor – Actividad A.6.2 – Sesión 10)

El profesor registró varias situaciones que apuntan a que la forma de presentar o plantear algunas actividades (o partes de ellas) pudieron no ser las más adecuadas para que los estudiantes captaran lo que con su desarrollo se pretendía (finalidad); nos referimos a cierta ambigüedad en el planteamiento, falta de precisión, etc., lo que requiere de la correspondiente mejora en el diseño de estas actividades. Así, en el siguiente registro se aprecia cómo la falta de concreción en la pregunta planteada a los estudiantes en uno de los apartados de la actividad A.5.1 (se trataba de una pregunta “excesivamente abierta”) llevó a que el grupo dejara de participar y atender a su desarrollo, adoptando una actitud “de espera”, desvirtuando de esta manera el fin previsto:

«En el apartado a) me he tirado un buen rato “batallando” con el grupo a ver si aparecía alguna conclusión de las esperadas. Esperaba un mejor resultado con este apartado. Quizá lo que yo creía una conclusión lógica no resulta tan evidente para los estudiantes. ...el grupo ha entendido poco “adónde tenía que llegar”.

Ante mi insistencia varios se quejaban:

- ¿Conclusiones de qué? (E17)*
- Es que no sé lo que quieres decir...(E03)*
- Yo no entiendo lo que hay que hacer...(E11)*
- ¿Qué ponemos entonces...? (E12)*

En mi opinión habría que volver a plantearla de manera que sea más evidente la finalidad de la pregunta y la conclusión que creo debería aparecer aquí. Habría que considerar, además, el escaso “entrenamiento” en este tipo de actividades

(Comentario del profesor – Actividad A.5.1 – Sesión 8)

En otras ocasiones, actividades consideradas a priori “sencillas” por el profesor encontraron más dificultades de las esperadas durante su desarrollo, aunque no termina de quedar claro dónde situar el origen de esta dificultad:

«A pesar de la frecuencia con la que aparecen los adjetivos puro y/o pura en distintos aspectos de nuestra vida diaria, en particular relacionadas con productos de

alimentación, me resulta curioso constatar la dificultad que presenta esta actividad. Pensaba que esta actividad era fácil pero observo que presenta cierta dificultad para los estudiantes, y buena parte del grupo “no sabe qué poner”. Sólo cuando Almudena propone “algo natural”, parece que el grupo comienza a reaccionar».

(Comentario del profesor – Actividad A.2.1 – Sesión 2)

«En el otro extremo, únicamente cuatro de los estudiantes participantes contestan lo esperado, aunque con distinto grado de calidad en sus explicaciones...».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

«No contestan lo esperado. Es una sorpresa ya que considero esta cuestión muy simple y sobre todo si la relacionan con la experiencia de ayer. Me extraña que les cueste tanto sacar la conclusión correcta».

(Comentario del profesor – Actividad A.3.4 – Sesión 5)

«He intervenido varias veces para ayudar al grupo, poniendo algún ejemplo. No acabo de situar cuál es el problema. Algunos de ellos me miraban y se quejaban de no “saber lo que poner”. Les he dicho que expliquen si creen que hay alguna base científica para poder insinuar la relación entre estar más sano y beber agua embotellada de la marca X. No esperaba que esta pregunta les planteara tanto esfuerzo, aunque sigo sin saber por qué no se acababa de entender».

(Comentario del profesor – Actividad A.6.1 apartado c) – Sesión 10)

Aquellas actividades donde el estudiante debía aplicar los contenidos de química aprendidos para explicar situaciones concretas del contexto, resultaron en muchos casos de ejecución más compleja:

«La actividad A.2.8 requiere que el alumnado realice una síntesis de lo aprendido hasta ahora y lo aplique al caso del agua embotellada. Como era de esperar esta actividad resulta más compleja. He observado una mayor “dispersión” de los estudiantes, que consultan entre sí y demandan, en varias ocasiones, mi intervención para aclarar algunos aspectos. Es la primera actividad en la que me hacen algunas preguntas, la mayoría sobre si lo están haciendo bien. He registrado algunas quejas sobre que “tenían que recordar muchas cosas”».

(Comentario del profesor – Actividad A.2.8 – Sesión 3)

La puesta en práctica también nos hizo ver que ciertas actividades resultaron redundantes o de poco interés, siendo la consecuencia más inmediata de este tipo de situaciones “la desconexión” del alumnado, con efectos contrarios a los inicialmente previstos, y que nos debe llevar a plantear propuestas de mejora en su diseño y gestión en la clase; aunque en ocasiones parece que esta percepción por parte de los estudiantes pudo estar

originada por factores externos, ajenos a la propia secuencia, y entre los que destacamos “el factor hora”.

«El profesor lee el enunciado de la pregunta [A.2.2]... Los estudiantes siguen las indicaciones del profesor aunque se muestran poco interesados, lo que da lugar a cierta dispersión y genera algún que otro comentario al respecto: “Esto es muy aburrido maestro” (E22)».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 2)

«La segunda actividad “no ha funcionado bien” se ha hecho algo pesada. La actividad es muy simple pero he tenido que intervenir muchas veces para dirigir el trabajo.... El ritmo de la clase ha resultado demasiado lento y algunos estudiantes parecían “desconectar”. Posiblemente habría que valorar eliminar esta actividad de la secuencia y hacer más atractiva la A.2.1»

(Comentario del profesor – Actividad A.2.2 – Sesión 2)

«La actividad [A.3.4] ha quedado algo descontextualizada y los estudiantes se muestran poco interesados. (...) La segunda actividad [A.3.5] tampoco ha llamado demasiado la atención del grupo aunque sí se ha mostrado más participativo en la puesta en común».

(Anotaciones del profesor – Sesión 5)

«A pesar de todo, he visto que algunos estudiantes “desconectaban” de la cuestión. Para guiarlos un poco he decidido hacerles preguntas e implicarlos un poco».

(Comentario del profesor a la actividad A.6.2 apartado c) – Sesión 10)

Igualmente descubrimos que para trabajar adecuadamente algunos contenidos de química el número de actividades que se ofrecían se revelaba insuficiente:

«Dudo bastante que los aspectos relacionados con la intensividad hayan quedado claros. No hay actividades en la secuencia para profundizar en esta idea. Habría que reflexionar sobre esto».

(Comentario del profesor – Sesión 6)

En otras ocasiones fueron los propios participantes los que aportaron acertadas propuestas de mejora que nos van a permitir depurar el diseño de la secuencia:

«Terminada la clase E03 me hace una sugerencia que me parece extraordinariamente lógica, y que ni se me había pasado por la cabeza en el diseño. De hecho la tomo literalmente como propuesta de mejora de la secuencia. Julián me comenta que sería útil conocer la importancia para el organismo de las distintas sales mine-

rales del agua, a grandes rasgos qué aporta cada una. Así sería más sencillo contextualizar o darle sentido a la actividad A.5.1...».

(Anotación del profesor – Sesión 6)

En esta línea, los propios estudiantes pusieron de manifiesto un error en la maquetación del cuaderno de trabajo; nos estamos refiriendo a la inserción en distintos puntos de la secuencia de “cuadros con ideas clave” que se utilizan a modo de resumen de los conceptos fundamentales. Su colocación, pero no su contenido, pareció no ser la más adecuada en varios de ellos:

El profesor registra un hecho anecdótico en el desarrollo de esta actividad [A.2.3] y que resume el siguiente comentario: «Maestro, las ideas clave resumen el texto quiero decir que dan la solución» (E08).

Gracias a este comentario el profesor ideó un plan sobre cómo gestionar los cuadros con las ideas clave de la unidad para futuras ediciones: a modo de resumen se presentarían todos estos cuadros ordenados, pero conteniendo frases incompletas, al final de cada tarea para que el alumnado los fuera completando, y de esta manera, repasando las ideas más importantes trabajadas. Curiosamente, un comentario espontáneo de esta alumna se convirtió en el germen de una propuesta para la mejora de la secuencia.

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 2)

«Confirmando que el sitio donde voy colocando estos pequeños resúmenes que llamo “ideas clave” no es el más adecuado. He detectado que algunos estudiantes los están utilizando para encontrar la respuesta a varias actividades»

(Anotación del profesor – Sesión 3)

«La conclusión también ha sido evidente, sobre todo porque varios estudiantes me han dicho, de forma jocosa, que ya aparecía [la respuesta] en forma de idea clave al final de la página 18...Para futuras revisiones hay que eliminar los cuadros de ideas clave. Salvo este incidente la actividad ha funcionado bastante bien».

(Comentario del profesor – Actividad A.3.2 – Sesión 4)

En relación con el diseño, la inclusión de distintos complementos, como imágenes, soportes audiovisuales (vídeos, simulaciones, etc.) y tecnologías TIC, pareció mejorar la comprensión de ciertos conceptos manejados en la secuencia. Esta inclusión fue bien valorada por los estudiantes, y en nuestra opinión, acertada en relación con los objetivos planteados en las actividades:

«El profesor presenta la animación que acompaña al texto y que permite visualizar una serie de imágenes dinámicas que ilustran el modelo propuesto. El profesor insiste al grupo en que consideren este modelo como una representación sencilla de

la realidad, algo así como una herramienta que nos ayuda a explicar el proceso de disolución».

(Extracto del informe de la puesta en práctica - Sesión 5)

«Las dos actividades finales parecen haber captado el interés de los estudiantes y han resultado más dinámicas que las primeras [...] Creo que les han gustado bastante las simulaciones. Parece que ha quedado clara la necesidad de utilizar modelos para explicar procesos que no vemos».

(Comentario del profesor – Sesión 5)

«E22 que suele protestar bastante “con todo”, me ha dicho hoy que con las imágenes ha entendido muy bien la utilidad de los modelos. Que sirven para “imaginarse cosas” y explicarlas mejor».

(Anotación del profesor y de E22 – Sesión 5)

«Esta función motivadora del vídeo se destaca en su lenguaje ágil, con frases cortas y sencillas, el escenario donde se desarrolla –las calles de un pequeño pueblo con imponentes escenarios naturales–, y la simpatía de los personajes –abuelo y nieto– participantes, y que en opinión del profesor cumplen a la perfección en su tarea captar la atención del alumnado sobre el tema propuesto».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 10)

En relación a la utilización de los ordenadores portátiles, el profesor registró cómo muchos de los estudiantes aprovecharon su manejo para realizar actividades ajenas al desarrollo de la secuencia:

«Se ha perdido mucho tiempo en el arranque de la actividad. El manejo de los ordenadores parece distraer a los estudiantes (algunos conectan con Tuenti. Con repetidas llamadas de atención he tratado de que se vayan centrando»

(Anotación del profesor – Actividad A.6.3 – Sesión 11)

Desempeño de competencias científicas

Algunas situaciones registradas apuntan en la “dirección del aprendizaje”, aunque como ya se ha indicado, no es prioritario en esta experiencia educativa cuantificar el grado de aprendizaje de los estudiantes:

«Mi percepción es que los alumnos han entendido los contenidos de hoy, y se ha llegado a la conclusión deseada: el agua del grifo y el agua embotelladas se pueden caracterizar como sistemas materiales “mezclas”».

(Valoración del profesor –Sesión 2)

«Le pregunto a E15 (no había visto antes las disoluciones): “Es fácil, por lo menos a mí me ha quedado claro lo que es una disolución de sal y agua”».

(Comentario de E15 a la actividad A.2.5 – Sesión 3)

«Mientras preparaba la disolución de sal he ido aprovechando para hacerles preguntas sobre las características de una disolución. El ambiente es distendido, los estudiantes están animados y se muestran participativos; observo que muchos contestan correctamente a las preguntas que les voy formulando».

(Comentario del profesor – Experiencia de cátedra – Sesión 4)

«El profesor aprovecha la corrección en la pizarra para matizar una vez más el significado físico de la magnitud concentración en masa, y puede constatar que la mayor parte de los estudiantes realizan de forma correcta este apartado».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 7)

«Yo he aprendido que ingieres casi los mismos iones si bebes agua del grifo».

(Comentario de E08 – Sesión 8)

Varias de las actividades propuestas se mostraron relevantes para poner de manifiesto cómo algunas creencias e ideas previas de los estudiantes acerca del agua de bebida no eran adecuadas o se contradecían con los hechos presentados:

«... en relación con la percepción negativa (y muchas veces infundada) de muchos ciudadanos sobre el escaso control a que se somete el agua corriente y que justifica, en parte, el aumento en el consumo global de agua de bebida envasada, el profesor decide insistir algo más en este aspecto y pide a E05 que lea en voz alta el cuadro que recoge el número de análisis que se realizan de forma obligatoria, según la vigente normativa, sobre el agua del grifo de Madrid.

Profesor: *¿Qué os parece? ¿Os esperabais esto?*

Varios: *No.*

Profesor: *Fijaros que en Madrid se realiza una media de cuatro análisis de control diarios.*

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 9)

«Una vez más les he insistido en que no se trata de decidir qué agua es mejor, ni en todas las poblaciones se hace lo mismo. Pero sí trabajar la idea errónea, a partir de los datos presentados, de que el agua del grifo apenas está controlada o es poco segura frente a la embotellada. Algunos estudiantes parecen mostrar sorpresa sobre este aspecto»

(Comentario del profesor – Actividad A.5.3 – Sesión 8)

Asumiendo la dificultad para modificar estas concepciones iniciales, de especial interés para el docente resultó constatar cómo los estudiantes expresaban comentarios que parecían en la dirección de superar algunas de estas creencias en relación con el consumo de agua de bebida:

«No sabía que el agua embotellada pudiera ser “peor” para una persona que la del grifo».

(Comentario de E03 – Sesión 8)

«Tras el posterior análisis de la actividad [A.7.2] el profesor comprueba que todos los estudiantes (excepto uno) eligieron «No», esto es, que no es necesario el consumo de agua de bebida embotellada, «a pesar de su mejor sabor», ya que se considera que el agua del grifo «es igual de buena», aunque se deja a la decisión particular beber uno u otro tipo de agua «según las necesidades de cada persona», pues «ambas tienen sus ventajas e inconvenientes».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 13)

«Me ha gustado encontrarme con ideas como que el agua del grifo está muy controlada, o que también el agua embotellada puede tener “cal”, contrarias a algunas de las creencias iniciales y que podría indicar que ha habido avances...».

(Anotación del profesor – Sesión 13)

La secuencia parecía ofrecía oportunidades al estudiante para aplicar los conceptos aprendidos, así como para resolver situaciones reales de la vida cotidiana en relación al contexto del agua de bebida, facilitando en nuestra opinión un aprendizaje con mayor significado.

«Se pretende que el estudiante reconozca los distintos componentes presentes en el agua mineral natural embotellada, lo que le debe llevar a identificarla químicamente como una mezcla de distintas sustancias. Asimismo, se pretende que el estudiante identifique con qué sentido emplean los mensajes publicitarios sobre el agua embotellada la frase “agua pura”».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – sesión 2)

«Celia me ha comentado que le resultaba curioso cómo estábamos utilizando el agua embotellada para explicar las disoluciones, aunque se quejaba de que la actividad no era fácil».

(Anotación del profesor – Actividad A.2.8 – Sesión 3)

«La actividad A.4.4 se plantea con el objetivo de que los estudiantes reconozcan y manejen la magnitud concentración en masa en un análisis químico típico de los que se encuentran en cualquier etiqueta de agua mineral natural».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 7)

«La primera actividad de esta tarea, actividad A.6.1, se basa en el visionado de un vídeo publicitario de una conocida marca de agua de bebida embotellada para que los estudiantes traten de identificar el mensaje del anuncio [...] y análisis crítico acerca de ciertas campañas publicitarias utilizadas por las empresas del agua de bebida envasada».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – sesión 10)

«Por otro lado, la presencia de “cal” en el agua del grifo se identifica como algo negativo lo que contribuye a la mala percepción que, en general, parecen tener muchos de ellos sobre el agua corriente del grifo [...]».

Con objeto de atender a estas ideas y creencias y de ayudar a los estudiantes a revisarlas y evaluarlas a la luz del conocimiento químico, se decidió incorporar alguna actividad sobre esta cuestión a la secuencia didáctica. Así, la actividad A.6.4 propone que se investigue el siguiente interrogante ¿Tiene cal el agua embotellada?...».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 12)

Durante el desarrollo de la secuencia se detectaron algunas ideas no acordes con el punto de vista científico, aunque algunas de ellas ajenas al propio desarrollo de la secuencia formativa, como muestra el siguiente registro:

«Creía, ahora veo que erróneamente, que los estudiantes iban a considerar la filtración como un proceso no adecuado. Me he llevado una buena sorpresa porque un alto porcentaje creen que la filtración sí sirve para recuperar la sal. En concreto una alumna contesta que “como la sal es más gorda no pasará”».

«Unos pocos piensan que es necesario calentar la disolución y que si no se utiliza el mechero el proceso no hubiera ocurrido, según observo en las respuestas de los cuadernos de trabajo»

(Comentarios del profesor – Actividad A.3.3 – Sesión 4)

«En relación a la primera cuestión planteada a los estudiantes ¿Crees que podrías recuperar la sal disuelta en el agua de esta manera?, los resultados obtenidos sorprenden al profesor quien había asumido que la respuesta mayoritaria sería que la filtración no es una técnica de separación adecuada. Sin embargo, puede constatar que un alto porcentaje de estudiantes (alrededor del 77 %) manifiesta que la sal sí debería quedar retenida en el papel de filtro».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

De la misma manera, en otras ocasiones no se alcanzó el aprendizaje previsto, detectándose otros resultados: aprendizajes parciales, no esperados o no deseados:

«En relación a si el agua del grifo es una disolución la mayoría contesta que “Sí”. Sin embargo, las explicaciones son otra cosa, y no siempre son adecuadas: “Sí, porque contiene sustancias disueltas” dice E06, sin citar más atributos».

«Sin embargo, E13 cree que “No, porque tiene cal”.

(Comentarios del profesor – Actividad A.2.9 – Sesión 4)

« Me esperaba mejores resultados, creía que había quedado claro con los ejemplos de clase, pero me doy cuenta de que muchos estudiantes explican el sabor salado sólo teniendo en cuenta la cantidad de sal, ignorando el volumen de agua, a pesar de que había insistido bastante en esto. [...] No sé cómo mejorar el aprendizaje de estos conceptos».

(Comentario del profesor – Actividad A.4.2 – Sesión 6)

«... con el apartado a) me he llevado una buena sorpresa cuando algunos estudiantes (incluso de los más aventajados) eligen el residuo seco como uno de los “ingredientes” del agua. La verdad es que no se me había ocurrido que esto pudiera pasar. Muy probablemente para muchos de estos estudiantes era la primera vez que escuchaban estos términos».

(Comentario del profesor – Actividad A.4.4 – Sesión 7)

«... de las tres cuestiones que forman la actividad A.6.2 las dos primeras transcurrieron conforme a lo previsto, mientras que los resultados obtenidos en la última de ellas no fueron los esperados. De hecho, la idea básica que el profesor no dejó de transmitir al grupo (actitud crítica ante el contenido de los mensajes publicitarios) no parece haber sido asumida por buena parte del grupo según revela el análisis de las respuestas. El profesor desconoce la causa pues esta cuestión, aparentemente, parece estar planteada de forma sencilla para el estudiante».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 10)

Algunos de estos resultados “no esperados” pudieron estar causados, al menos en parte, por el propio diseño de la actividad lo que nos debe llevar a incluir las correspondientes propuestas de mejora. Así, en la puesta en común de la actividad A.5.2 el profesor registró cómo algunos estudiantes llegaron a conclusiones no adecuadas, muy posiblemente, debido a la forma en que fue presentada la información necesaria para el desarrollo de la propia actividad:

«He notado que algunos estudiantes han concluido que el agua del grifo es más segura que la embotellada; les he insistido en que este razonamiento no es adecuado. Habría que matizar mejor la información de los textos. Por eso, estoy valorando la posibilidad de incluir información más concreta sobre la periodicidad y número de análisis efectuados a alguna marca de agua embotellada al estilo de lo presentado con el agua del grifo de Madrid...».

(Comentario del profesor a la actividad A.5.2 – sesión 9)

El aprendizaje en pequeño grupo (hacer que aprendan entre ellos) no pareció conseguirse o bien arrojó resultados más bien pobres. Las actividades preparadas a tal fin tenían una dinámica clara que los estudiantes captaron rápidamente; no obstante no se obtuvieron respuestas adecuadas a las cuestiones planteadas o el aprendizaje conseguido fue muy parcial, aunque creemos que la escasa preparación para trabajar en grupo fue un factor importante que debe tenerse en cuenta.

«Son las primeras actividades de este tipo que el grupo desarrolla pero, en opinión del profesor, los equipos parecen tener claro qué hacer, aunque se trabaja más individualmente que en equipo. El profesor es consciente de que los estudiantes carecen de una dinámica de trabajo en equipo consolidada, y observa falta de planificación y coordinación entre los componentes de los equipos en el reparto del trabajo: distribución de tareas, organización y gestión del tiempo, etc.».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 11)

«E03 ha sido el primero en intervenir. Se ha limitado a leer literalmente su informe, sin ofrecer una respuesta clara a la pregunta planteada. Se han limitado a un “copia-pegar” de internet sin mucho sentido».

(Comentario del profesor – Sesión 12)

Pero quizá, donde mayores dificultades de aprendizaje se observaron es en relación con el desempeño de los procedimientos propios de la competencia científica: identificación de cuestiones científicas, explicar, razonar, justificar, extraer conclusiones, consulta y aplicación de la información, etc.

«Tras el análisis de la sesión de ayer el profesor observa que la actividad A.1.3 sobre identificación de cuestiones científicas presenta una cierta dificultad para los estudiantes. Por ello, y a pesar de que no estaba inicialmente programado decide comenzar esta segunda sesión repasando la finalidad de esta actividad».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión2)

«Si el texto lo entiendo pero eso de identificar los términos básicos no sé qué significa»

(Comentario de E21 – Actividad A.2.5 – Sesión 3)

«Algunos de los que han hecho la actividad, se quejaban de no entender lo que se les pedía. E03: “Yo no sé qué son las variables que pides”. He tratado de ponerles un ejemplo, aunque no sé si ha quedado claro».

(Comentario del profesor – Actividad A.3.7 – Sesión 5)

«Los apartados que exigen una explicación científica o un razonamiento están dando perores resultados de los esperados. También es cierto que no suele haber muchas actividades de este tipo en clase».

(Comentario del profesor – sesión 6)

«Tras haber invertido el orden de actuación, por motivos diversos, el profesor pide a la portavoz del grupo B que exponga su informe, pero se excusa en que no han encontrado la respuesta, y no realiza la exposición, lo que le vale la amonestación verbal de profesor, tal como refleja el propio docente en su cuaderno de clase: «El grupo E sí ha presentado su trabajo. E15, la portavoz del grupo B, dice no haber encontrado la respuesta. Le digo que la respuesta estaba pero que había que leer... buscar. Hay quejas de E15: “si no venía..., no la encontrábamos... Te lo dijimos cuarenta mil veces y no nos hacías caso”».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 12)

La utilización de distintas situaciones relacionadas con un contexto tan específico como el del agua de bebida como eje para el trabajo en el aula pareció influir en que algunos de los estudiantes no acabaran de asimilar adecuadamente los contenidos científicos o tuvieran la percepción de “no estar aprendiendo mucha ciencia (química)”:

«Es la primera vez que el grupo trabaja contenidos de química utilizando un contexto tan específico como el agua embotellada. Hay alumnos que no tendrán problema, pero con otros tengo mis dudas sobre captarán bien los contenidos trabajados».

(Valoración del profesor – Sesión 6)

«Mientras rellenaban el cuestionario he curioseado un poco en las respuestas. Me sorprende que haya estudiantes que opinen haber aprendido más del agua que de química. ¡Qué extraño! Le hemos dedicado 8 sesiones a introducir los contenidos de ciencia: mezclas, disoluciones, métodos de separación, por qué se disuelve, composición, formas de expresar la concentración,...».

(Anotación del profesor – Sesión 13)

Interés, participación y actitud de los estudiantes

En este apartado nos queremos centrar en poner de manifiesto algunas situaciones observadas en el aula en relación al interés y motivación de los estudiantes hacia la propuesta presentada. Somos conscientes de la dificultad de tratar de valorar estos aspectos por la diversidad de estudiantes existentes, o por el número de variables, intrínsecas o extrínsecas, que influyen en ellos.

Como ya se comentó en otro momento el grupo de estudiantes presentaba escasa conflictividad por lo que el ambiente en las clases, salvo en momentos puntuales, se mostró muy adecuado para el desarrollo de la puesta en práctica; el trabajo en el aula se realizó con total normalidad, sin registrarse apenas incidentes relacionados con el comportamiento de los estudiantes. Además, el grupo se mostró francamente colaborador con la dinámica de clase impuesta por el profesor, facilitando un clima de clase favorable para el correcto desarrollo de la secuencia.

«Hemos finalizado todas las actividades previstas. EL comportamiento del grupo ha sido excelente. Los estudiantes han seguido en todo momento mis indicaciones y han colaborado en todo».

(Valoración del profesor – Sesión 1)

«El profesor pide a E23 que describa lo que va viendo en cada imagen [A.2.6] proceso en el que participan de manera espontánea otros estudiantes; seguidamente le pide que explique al grupo lo que demanda la actividad».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 3)

«Hoy me he sentido especialmente satisfecho por el desarrollo de la sesión y por la colaboración e interés mostrado por los chicos».

(Comentario del profesor – Sesión 3)

«El grupo se ha mostrado muy participativo y el ambiente de clase ha sido muy distendido».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

«El ambiente de clase ha sido estupendo».

(Anotación del profesor – Sesión 9)

El profesor evidenció una alta implicación del grupo en las tareas propuestas, a excepción, de un reducido número de estudiantes que mostró un rendimiento, en general, muy bajo a lo largo de la secuencia. Nos referimos, en realidad, a tres estudiantes que presentaban un perfil de fracaso escolar consecuencia de la desmotivación y abandono de las obligaciones escolares; si bien estos alumnos participaron en la dinámica general del

aula, y su comportamiento fue correcto, mostraron un importante desinterés que se manifestó de distintas maneras: no realizar muchas de las actividades propuestas, falta de material escolar, reiteradas faltas de asistencia a clase, no corregir el cuaderno de trabajo, realizar actividades de otras materias, etc.

«La actividad A.2.8 requiere que el alumnado realice una síntesis de lo aprendido hasta ahora y lo aplique al caso del agua embotellada. Salvo el grupito de siempre el resto se esfuerza por completarla».

(Anotación del profesor – Sesión 3)

«Después del ejemplo del sabor salado que indica E17 creo que ha quedado claro lo que tienen que hacer. Salvo un par de estudiantes el resto participan activamente en la actividad».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

En el otro extremo los estudiantes más aventajados académicamente se mostraron muy activos y comprometidos, mientras que un tercer grupo, mayoritario, mostró un perfil de intervención activa aunque variable en función del tipo de actividad propuesta. En cualquier caso, la mayoría de los estudiantes participantes se esforzó por concluir las actividades presentadas en el cuaderno de trabajo, con una dedicación más que aceptable.

«Los estudiantes expresan señales de cansancio. Les pido un último esfuerzo para completar la pregunta que queda. Reaccionan a mis palabras y trabajan individualmente durante varios minutos para completarla. Les agradezco su esfuerzo».

(Anotación del profesor – Actividad A.2.4 – Sesión 2)

La lectura de los textos o las actividades con un componente más práctico registraron una mayor participación del grupo, frente a aquellas otras de mayor carga teórica o que les exigía un mayor esfuerzo debido a las dificultades que les suponía la realización de tales actividades. En estas situaciones solo un reducido número de participantes trataba de “llegar hasta el final”, esperando el resto a su corrección o solución, a pesar de las intervenciones del profesor tratando de orientar el trabajo:

«Inicialmente el profesor propone al grupo dejar unos minutos para que cada estudiante, de manera individual, lea el texto. Sin embargo, la mayoría propone “que es mejor” realizar la lectura en voz alta y “entre todos”. Se procede de esta manera y el profesor procura, aunque el texto es corto, que colaboren en la lectura el mayor número de ellos».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 2)

«... me encuentro con el mismo problema de ayer: tras las primeras intervenciones se comienzan a repetir las respuestas de forma que las mismas ideas aparecen una y otra vez, con muy pocas aportaciones. El resto se limita a copiar.»

(Anotación del profesor – Sesión 2)

«El profesor y los estudiantes E02, E11 y E19, escenifican el diálogo situación que resulta bastante divertida y que da lugar a intervenciones espontáneas por parte de otros estudiantes...».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

«Los estudiantes se muestran participativos y muchos están dispuestos a probar el agua filtrada. Algunos de ellos proponen que los mismos que probaron del vaso en la actividad anterior sean los que confirmen si el agua sigue salada tras la filtración».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

«He recibido bastantes quejas por la “cantidad” de información que había que leer o por no encontrar la respuesta de manera fácil».

(Comentario del profesor a las actividades de investigación – Sesión 11)

«En general la clase se ha portado bien y atendía a las intervenciones de los portavoces. Eso sí se limitaban a escuchar. No hacían preguntas. Muy poca participación salvo excepciones»

(Anotación del profesor – Sesión 12)

Un aspecto curioso que registró el profesor fue la casi total ausencia de preguntas por parte de los estudiantes, si bien podríamos analizar este aspecto en “clave positiva”, en el sentido de que los contenidos abordados se presentaron con un grado de dificultad apropiado al nivel del grupo.

«Sigo sin registrar, como en sesiones anteriores, ninguna pregunta relevante acerca de las ideas que van surgiendo».

(Anotación del profesor – Sesión 4)

De manera anecdótica queremos reflejar que varios de los estudiantes más aventajados mostraron en las primeras sesiones cierta “resistencia” por considerar la propuesta como una imposición externa “que le venía bien al profesor”:

«Al terminar la clase se me han acercado E03 y E18. Se han quejado y me han dicho que por qué no seguimos con el libro en vez de “hacer esto del agua”. Les he explicado el tema de la investigación y les he agradecido su colaboración. Parecen entender la situación».

(Anotación del profesor – Sesión 3)

Tal como se consideró en el capítulo VI el grupo no mostraba, salvo excepciones, un especial interés por la materia de Física y Química. Tal percepción fue corroborada por

los propios estudiantes en el cuestionario de valoración (véase epígrafe 7.3), pues solo 5 de los 25 estudiantes (20 %) mostraban interés por esta materia. No obstante, la observación sistemática en el aula nos lleva a considerar que con el desarrollo de esta experiencia conseguimos una mayor implicación del grupo hacia el aprendizaje de esta materia en comparación con las clases más normales, quizá por la “sensación de utilidad” manifestada por los propios estudiantes.

De la misma manera, muchas de las tareas y actividades planteadas parecieron contribuir a fomentar un mayor interés en los estudiantes por aprender “cosas nuevas” del agua que bebemos; el encontrar significado o la percepción de utilidad de lo aprendido, creemos que hizo que el alumnado se mantuviera relativamente motivado a lo largo de la propuesta. Según indagó el profesor, salvo alguna resistencia inicial, los estudiantes asumieron la finalidad formativa de la secuencia, y en este sentido, en ningún momento la consideraron carente de sentido, como una pérdida de tiempo, “no dar clase”, etc.

«...he visto al grupo muy motivado con estas últimas actividades; he sondeado su opinión y en general me han dicho que les está gustando esta forma de trabajar. “Se aprenden cosas y es diferente”, me ha dicho E18».

(Extracto del diario del profesor - Sesión 9)

«Mientras me paseaba por las mesas he ido preguntando a ver qué les parecía. La mayoría me ha dicho que le ha gustado [la actividad] sobre todo porque no sabían que el agua del grifo estuviera tan controlada. Incluso parecían sorprendidos».

(Comentario del profesor – Actividad A.5.3 – Sesión 9)

«Es interesante el tema del agua porque la consumes diariamente».

(Comentario de E16 – Sesión 11)

«El agua es necesaria en nuestro día a día y siempre viene bien conocerla»

(Comentario de Felipe – Sesión 11)

Los registros muestran el esfuerzo del profesor por orientar, quizá excesivamente, el trabajo del grupo, mientras trataba de mantener en todo momento un papel dinamizador, cuidando de fomentar la participación activa de los estudiantes, a través de la interacción directa en forma de preguntas o pequeños diálogos con el grupo, procurando un ambiente de clase lo más distendido posible.

«...buscando siempre la máxima coherencia en el desarrollo de la secuencia repasa con los estudiantes los principales aspectos que sobre el agua embotellada se trabajaron en la sesión de ayer, antes de presentar la tarea 2».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 2)

«El siguiente breve diálogo muestra cómo el profesor trata de centrar la atención del grupo y fomentar la participación»:

Profesor: ¿La noción química está contenida en el cuadro o es una idea nueva?

[...]

Profesor: En química, ¿puro significa algo natural?

Varios: No

Profesor: En química, ¿puro significa que es más sano?

Varios: No

Profesor: En química, ¿puro significa que tiene más calidad?

[...]

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 2)

«El grupo vuelve a optar por la lectura en voz alta y en gran grupo, en la que colaboran un buen número de estudiantes; dado el interés de este texto para el correcto avance de la secuencia, el profesor realiza “un alto” tras la lectura de cada párrafo preguntando al grupo sobre el contenido recién leído y repasando las nociones básicas...».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 3)

«En cualquier caso, el profesor pregunta frecuentemente al grupo si entienden el contenido del texto, pero ninguno de los participantes solicita aclaración alguna».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

Los estudiantes valoraron positivamente los cambios en la rutina asociados a esta nueva “forma de trabajar”.

«En los momentos finales el profesor pregunta la opinión sobre lo trabajado en clase y el grupo manifiesta mayoritariamente que le “ha gustado la clase de hoy”, que “ha sido más divertida”, que coincide con la percepción que tiene el profesor».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 4)

La realidad del aula mostró que la planificación prevista para el desarrollo de la secuencia se presentaba “demasiado ajustada” requiriendo de un tiempo de implementación superior al previsto; la intervención del docente durante la experiencia estuvo demasiado mediatizada por tratar de cumplir la planificación temporal prevista inicialmente. Esto se tradujo en sesiones de clase demasiado “dirigidas y rígidas”.

«Tenía previsto completar hasta la actividad A.3.4 (primera parte de la tarea), pero no ha sido posible. Empiezo a acumular un cierto retraso..., pero creo que es necesario insistir en ciertas actividades»

(Anotación del profesor – Sesión 4)

No podemos olvidar que la implementación de la secuencia se da en un contexto específico, en unas circunstancias de lugar y tiempo determinadas. Los siguientes registros muestran cómo los aspectos contextuales, influyen de manera importante en que no se obtengan los resultados esperados, aunque por causas ajenas a la propia investigación; así, el profesor registró cierto cansancio general hacia el final de la secuencia lo que condujo a una ligera bajada en el rendimiento, no obteniéndose en muchos casos, la implicación deseada por parte de los estudiantes; a este respecto, debemos recordar que la parte final de la implementación coincidió con época de exámenes finales en el mes de junio:

«Para mí la clase de hoy ha sido un poco “rara”. Hemos avanzado bastante menos de lo previsto, y hemos vuelto a acumular mayor retraso. No hay un motivo claro, las actividades no parecían difíciles pero han transcurrido “a cámara lenta” y al grupo le costaba entrar en la dinámica de clase, salvo en la actividad final donde se ha mostrado un poco más participativo. Estamos en época de exámenes y los estudiantes parecen cansados a esta primera hora»

(Anotación del profesor – Sesión 7)

«Como nota “negativa” el profesor destaca la pasividad del grupo; ante el requerimiento del profesor los estudiantes manifestaron no ser un tema de interés sino de “cansancio”. Hemos de recordar que el grupo se halla inmerso en los exámenes de la tercera evaluación; en cualquier caso, y a pesar de algunos inconvenientes surgidos, el profesor considera la experiencia muy positiva».

(Extracto del Informe de la puesta en práctica – Sesión 12)

En relación con el desarrollo de la secuencia “la hora de las clases” no ha aportado datos de interés, salvo en aquellas sesiones impartidas en los tramos finales del viernes (“el factor viernes”), lo que sí pareció influir de manera importante en que los resultados esperados con el desarrollo de algunas actividades no fueran los previstos, mostrando el grupo, en consecuencia una menor colaboración y rendimiento:

«La segunda actividad de hoy [A.3.5], sobre los significados del término modelo, tampoco ha llamado demasiado la atención del grupo, aunque sí se ha mostrado más participativo en la puesta en común. Hicimos una actividad parecida a esta en la sesión 2 y entonces funcionó mejor. Es quinta hora del viernes y el cansancio que muestra el grupo quizá deba tenerse en cuenta...».

(Extracto del diario del profesor – Sesión 5)

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

- 8.1. Conclusiones.**
- 8.2. Propuestas de mejora de la secuencia didáctica.**
- 8.3. Limitaciones del estudio.**
- 8.4. Sugerencias para continuar la investigación.**
- 8.5. Implicaciones personales.**



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

El capítulo final de una tesis constituye el momento de plantear los logros alcanzados, las cuestiones que quedan pendientes, las limitaciones del estudio, así como, la identificación de posibles líneas para continuar la investigación. Ahora bien, antes de comenzar a desglosar estas cuestiones parece conveniente retomar algunas de las ideas planteadas en el marco metodológico (capítulo III), con objeto de remarcar las finalidades y el enfoque de la investigación realizada.

En primer lugar hay que destacar que esta investigación se ha planteado en términos pragmáticos en cuanto a su viabilidad (Méheut y Psillos, 2004), en el sentido de que su objetivo principal era delimitar una propuesta didáctica sobre el consumo de agua de bebida envasada para el desarrollo de competencias científicas, con posibilidad de llevar al aula en las condiciones actuales de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO).

A partir de esta premisa, y teniendo en cuenta el objetivo y enfoque que se le pretendía dar a esta investigación, el profesor —en este caso el autor de la investigación— tenía que ser un agente importante en la elección del contexto y del problema o situación concreta (Fensham, 2009), así como en el diseño de la secuencia de actividades, su implementación y evaluación.

Desde esta perspectiva, el resultado de este trabajo no pretendía ser una secuencia didáctica “ideal” que se pudiera diseñar aplicando únicamente un modelo teórico de planificación, sino que sería el producto de la interacción entre las ideas del grupo de investigación COMPCIEN 10-16, en el que se inserta esta tesis, y las ideas concretas del profesor sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, así como la forma de aplicarlas en el contexto concreto de su centro de trabajo.

Su elaboración ha supuesto un proceso iterativo de reflexión, puesta en práctica y evaluación, en la línea de las investigaciones basadas en el diseño y en los estudios de caso. En este proceso, la propia secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) se ha ido refinando para adaptarse a la finalidad que pretendía, e igualmente las ideas del profesor que la ha diseñado y utilizado se han ido acercando cada vez más al enfoque pretendido.

Llegados a este momento, retomamos las preguntas que guiaban esta investigación:

- A. ¿Constituye el “consumo de agua de bebida envasada” un contexto educativo adecuado para su utilización en la enseñanza de las ciencias?
- B. ¿Cómo integrar en una secuencia didáctica el tratamiento de aspectos concretos del consumo de agua de bebida, el desarrollo de competencias científicas por parte de los alumnos y la construcción de conocimiento científico acerca de las disoluciones?
- C. ¿Qué sucede cuando se implementa la versión final de la secuencia didáctica en el aula?
- D. ¿Es adecuada la secuencia didáctica para la finalidad prevista?

En lo que sigue se comienza planteando para cada una de estas preguntas de investigación un conjunto de conclusiones. En segundo lugar, una serie de propuestas de mejora; a continuación, un análisis de las principales limitaciones del estudio y, para finalizar, se enumeran algunas sugerencias para continuar la investigación e implicaciones personales.

8.1. CONCLUSIONES

A. ¿Constituye el “consumo de agua de bebida envasada” un contexto educativo adecuado para su utilización en la enseñanza de las ciencias?

Con respecto a esta primera pregunta de investigación los estudios preliminares y el estudio principal sugieren las siguientes conclusiones:

1.- El consumo de agua de bebida embotellada presenta características de las denominadas controversias socio-científicas, las cuales constituyen un contexto adecuado para el desarrollo de competencias científicas (Jiménez Alexandre, 2010).

En concreto, este contexto presenta una serie de dimensiones en las que se pone de manifiesto su complejidad, su carácter abierto y multidisciplinar; por ejemplo, el agua embotellada como mercancía, la moda del consumo de agua embotellada como fenómeno social, el impacto ambiental asociado al consumo, las opiniones y creencias de los ciudadanos sobre la calidad del agua embotellada frente al agua del grifo, etc.

2.- El consumo de agua embotellada cumple determinados criterios considerados como necesarios, según la literatura al respecto (Albe, 2007; Blanco, España y Franco, 2015; Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011) para que un problema de la vida diaria pueda constituir un contexto adecuado para el desarrollo de competencias en la enseñanza de las ciencias.

Así, estos problemas deben ser relevantes y cercanos a la vida diaria de los estudiantes, deben captar su interés y mostrar la utilidad de los que se aprende en el aula, a la vez

que permita el tratamiento de conocimientos científicos importantes en la ciencia escolar.

3.- Los ciudadanos, en general, y los estudiantes de diferentes niveles educativos manifiestan una serie de opiniones, ideas y creencias sobre el consumo de agua de bebida envasada.

Entre las más relevantes, en todas las muestras de estudiantes con las que se ha trabajado, se encuentran algunas relacionadas con la composición y seguridad del agua que bebemos: *el agua embotellada es más sana, saludable y segura que el agua del grifo; es malo consumir agua del grifo por la “cal” –de la cual está exenta el agua embotellada–, el agua del grifo no es segura, no está “limpia”, no está controlada*, etcétera.

4.- Se ha puesto de manifiesto por parte de muchos estudiantes, la existencia de una percepción negativa del agua de consumo público frente al agua de bebida embotellada, que supone para ellos una alternativa de superior calidad, aspecto sin fundamento científico de acuerdo con distintos estudios e informes técnicos consultados (Bullers, 2002; Ferrier, 2001; Lazlo, 2005).

Los estudiantes de edades superiores, con más experiencias y formación científica (4º ESO y 2º Bachillerato) consideran, en términos generales y contrariamente a lo esperado, que el agua de bebida envasada es mejor para la salud que el agua del grifo. Se trata de un aspecto de especial relevancia en esta investigación ya que puso de manifiesto el arraigo que existe en cuanto a las opiniones y creencias sobre la calidad del agua embotellada frente a la del grifo.

5.- Las creencias de los estudiantes sobre el consumo de agua de bebida envasada y su arraigo constituyen un factor importante para su consideración como contexto educativo adecuado.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se planteó la necesidad de que la propuesta didáctica tendría que contribuir a superar este punto de “desprestigio” que los estudiantes asocian con el agua de abastecimiento público, así como al tratamiento de estas falsas creencias. Para ello, se han identificado dos aspectos relevantes en los que centrar el tratamiento didáctico de este problema de una manera adecuada para la educación secundaria obligatoria: disyuntiva entre el consumo de agua de bebida embotellada o agua del grifo y creencias y opiniones relacionadas con dicho consumo.

No se quiere decir con esto que sean los únicos aspectos relevantes para su tratamiento didáctico, por ejemplo, el impacto ambiental de su consumo o el coste del mismo. Los estudios preliminares han mostrado que son aquellos que podrían implicar más a los estudiantes en el análisis de este problema. Por otro lado, las condiciones de partida, especialmente sobre el tiempo previsto para la aplicación de la secuencia didáctica, no aconsejaban tratar todas las dimensiones ya mencionadas asociadas al consumo de agua embotellada.

B. ¿Cómo integrar en una secuencia didáctica el tratamiento de aspectos concretos del consumo de agua de bebida, el desarrollo de competencias científicas por parte de los alumnos y la construcción de conocimiento científico acerca de las disoluciones?

Esta pregunta de investigación requería indagar cómo integrar aspectos de diferente naturaleza en un diseño didáctico. Los análisis y los resultados obtenidos llevan a considerar que:

6.- Las investigaciones basadas en el diseño conjuntamente con los estudios de caso se han mostrado como enfoques metodológicos adecuados, que han permitido el diseño y mejora de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) para abordar el tratamiento didáctico de un problema de la vida diaria, como es el consumo de agua de bebida embotellada.

Los tres ciclos de diseño-implementación-evaluación de distintas versiones de la secuencia didáctica han posibilitado la integración paulatina del problema planteado con el desarrollo de competencias científicas y la construcción de conocimiento.

7.- La propuesta didáctica diseñada ha permitido integrar un buen número de elementos provenientes de diversos campos: a) aspectos relevantes sobre el consumo de agua de bebida (del grifo y embotellada), esto es, posibilita aprender sobre el contexto; b) atender algunas ideas y creencias significativas sobre el consumo de agua de bebida, al objeto de contrastarlas con el conocimiento químico; c) integrar conocimientos (de ciencia y sobre ciencia) necesarios para comprender adecuadamente estos aspectos (aprender con el contexto); y d) propiciar el desarrollo de competencias científicas.

8.- En la elaboración de la SEA se ha mostrado especialmente importante el análisis de las ideas, opiniones y creencias que tienen los ciudadanos sobre el consumo de agua de bebida embotellada. De este análisis surgen las preguntas que guían y estructuran el diseño de la SEA.

En el enfoque didáctico adoptado estas ideas sobre el problema cotidiano (en este caso el consumo de agua de bebida embotellada), tienen la misma función que las ideas o concepciones de los alumnos sobre conceptos científicos tienen en los enfoques didácticos de cambio conceptual. No obstante, estas ideas de los estudiantes sobre los conceptos científicos (en este caso las disoluciones) siguen teniendo un papel importante dentro de este enfoque didáctico, y se integra en la SEA en los momentos en que se construyen los conocimientos científicos necesarios para tratar el problema.

9.- Esta investigación ha contribuido a construir y aplicar un enfoque más general de diseño de propuestas didácticas para el desarrollo de competencias científicas (Blanco, Franco y España, 2015; Blanco, Franco y España, en prensa).

Este enfoque integra una determinada forma de entender o conceptualizar la competencia científica, con el tratamiento de determinados contenidos científicos importantes en el currículo escolar de la ESO, en el tratamiento de un problema o situación de la vida diaria.

C. ¿Qué sucede cuando se implementa la versión final de la secuencia didáctica en el aula?

Esta pregunta de investigación demandaba un seguimiento pormenorizado de cómo se implementó en el aula la secuencia didáctica en el estudio principal, mediante un estudio de caso. Del informe de esta puesta en práctica y de la valoración del profesor sobre ella se puede concluir:

10.- La SEA se pudo implementar en el tercer curso de la Educación Secundaria Obligatoria sin apenas modificaciones respecto al diseño original. Asumiendo que la secuencia ensayada es susceptible de mejora, la planificación prevista se ha mostrado adecuada para su desarrollo en el aula.

No se han producido incidentes de mención o dificultades sobrevenidas que puedan relacionarse con un deficiente o inadecuado diseño. No obstante, en algunos aspectos se produjo una cierta desviación de este diseño original, fundamentalmente relacionados con la temporalización para su puesta en práctica, ya que se necesitaron tres sesiones de clase adicionales a las diez inicialmente previstas.

11.- La secuenciación de los contenidos (orden, presentación, distribución y jerarquización) mostró, en su conjunto, una adecuada coherencia interna.

Esta conclusión se basa en que no fue necesario introducir contenidos extras o imprevistos durante el desarrollo de la secuencia, sin que se apreciaran ni lo estudiantes lo manifestaran, “saltos o lagunas” en el tratamiento de los contenidos. No obstante, el tratamiento que se hace para la construcción, por parte de los estudiantes, de los conceptos de disolución y concentración hubiese requerido algo más de atención en el diseño.

12.- Las actividades de enseñanza incluidas en la secuencia se mostraron, en su conjunto, congruentes y adecuadas a los objetivos previstos, aunque también se evidenciaron en algunas de ellas dificultades debidas, fundamentalmente a: a) falta de familiaridad del alumnado; b) su finalidad; c) su complejidad; y d) mostrarse redundantes o poco interesantes.

13.- La falta de familiaridad de los estudiantes con algunas de las actividades de enseñanza-aprendizaje utilizadas y del propio profesor para ayudar a los estudiantes a avanzar en ellas, se ha puesto especialmente de manifiesto con aquellas que implicaban el uso de competencias relacionadas con identificar cuestiones científicas o utilizar pruebas científicas.

El desarrollo en el aula de este tipo de actividades puede considerarse como un reto tanto para los estudiantes como para el profesorado, suponiendo que el estudio de caso presentado fuese representativo de la enseñanza de las ciencias en este nivel educativo (3º ESO).

14.- Los estudiantes mostraron dificultad para entender la finalidad de algunas actividades debido, no tanto a la demanda competencial de las mismas, como quizá a cierta am-

bigüedad, falta de precisión, etc., lo que requiere de las correspondientes mejoras en el rediseño de las mismas.

15.- Los estudiantes no manifestaron problemas con el uso del cuaderno de trabajo ni con la unidad en formato web.

No obstante, es necesario mejorar algunos aspectos de dicho cuaderno, en particular, la inserción en distintos puntos de la secuencia de cuadros con “ideas clave” que se utilizan a modo de resumen de los conceptos fundamentales. Su colocación, pero no su contenido, pareció no ser la más adecuada en varios de ellos, siendo los propios estudiantes quienes los pusieron de manifiesto.

16.- El trabajo en pequeño grupo no pareció conseguir los resultados esperados.

La actividad preparada a tal fin parecía tener una dinámica clara que los estudiantes captaron rápidamente, aunque finalmente, no se obtuvieron respuestas adecuadas a las cuestiones planteadas. Creemos que esta estrategia didáctica no se ha utilizado suficientemente en la SEA como para poder esperar mejoras apreciables en la capacidad de los estudiantes para trabajar en grupo, junto con la escasa preparación previa de los estudiantes sobre este tipo de dinámicas.

17.- La novedad de la temática planteada en la SEA y la forma en que se comenzó a abordar produjo en los estudiantes cierta desorientación inicial que se fue superando a medida que se desarrollaba en el aula.

Esta situación pone de manifiesto que las innovaciones didácticas deben contar con un periodo inicial de “cierta adaptación” a la misma por parte de los estudiantes, y en las que la guía y la orientación del profesor se muestra fundamental (Overman *et al.*, 2014).

18.- Los estudiantes con mejor rendimiento académico mostraron cierta preocupación con respecto a si se iban a abordar durante la SEA los contenidos previstos en la materia de Física y Química (sobre sistemas materiales), y la forma en que iban a ser evaluados y su repercusión en sus calificaciones.

Esta es otra de las cuestiones importantes que también hay que tener en cuenta en las innovaciones educativas. Los estudiantes con mejores calificaciones se muestran, inicialmente, más preocupados por los cambios. La proporción de estudiantes de esta tipología en un determinado grupo puede tener una influencia importante en el comienzo de innovaciones didácticas.

19.- El profesor evidenció, en términos generales, una alta implicación del grupo en las tareas propuestas. La mayoría de los estudiantes se esforzó por concluir las actividades presentadas en el cuaderno de trabajo, con una dedicación más que aceptable.

No obstante, se diferenciaron tres perfiles de estudiantes durante el desarrollo de la secuencia. Los estudiantes con mejor rendimiento académico (5 de 25) se mostraron muy activos y comprometidos, mientras que un segundo grupo mayoritario (17 estudiantes),

mostró un perfil de intervención activa, aunque variable en función del tipo de actividad propuesta. Finalmente, un tercer grupo (formado por tres estudiantes) que mostró un importante desinterés que se manifestó de distintas maneras: no realizar muchas de las actividades propuestas, falta de material, reiteradas faltas de asistencia a clase, no corregir el cuaderno de trabajo, realizar actividades de otras materias, no cumplimentar el cuestionario de valoración final, etc. No obstante, debemos precisar que esta actitud se mostraba, con carácter general, en el resto de materias y tareas escolares.

20.- La lectura de los textos o las actividades con un componente más práctico registraron una mayor participación del grupo, frente a aquellas otras de mayor carga teórica o que les exigía un mayor esfuerzo debido a sus dificultades.

En estas situaciones solo un reducido número de participantes trataba de “llegar hasta el final”, esperando el resto a su corrección o solución, a pesar de las intervenciones del profesor tratando de orientar el trabajo.

21.- Los factores contextuales (la extensión de la secuencia, la época del curso en que se lleva a cabo y el factor hora) tuvieron importancia en el desarrollo de la propuesta de la SEA en el aula y parecieron influir en que los resultados esperados con el desarrollo de algunas actividades no fueran los previstos, mostrando el grupo, en consecuencia, una menor colaboración y rendimiento.

En la línea mencionada, se registró cierto cansancio general hacia el final de la secuencia lo que condujo a una ligera bajada en el rendimiento, no obteniéndose en muchos casos, la implicación deseada por parte de los estudiantes. Al respecto, debemos recordar que la parte final de la implementación coincidió con el comienzo del periodo de exámenes finales en el mes de junio, y que algunas de las sesiones se desarrollaron a última hora lectiva de la jornada escolar.

22.- La presencia de observadores externos o la propia presencia de la cámara contribuyó a que el comportamiento del grupo fuese mejor en relación a las “clases normales”.

Se trataba de un grupo que mostraba un comportamiento en el aula adecuado que permitió desarrollar la secuencia con normalidad. No obstante, en ocasiones puntuales y debido sobre todo al factor hora en que este comportamiento no era el más apropiado para las tareas propuestas, la referencia del docente a la grabación en vídeo de la sesión ayudaba a que el grupo se mostrase “más calmado” y se pudiese continuar con el desarrollo de las actividades.

D. ¿Es adecuada la secuencia didáctica para la finalidad prevista?

Atender a esta pregunta implicaba valorar en qué medida, tanto el diseño como la puesta en práctica de la versión final de la SEA, respondieron a la finalidad y objetivos previstos, aunque partiendo de la singularidad que representa un estudio de caso, como el presentado en esta investigación. Desde la perspectiva de los estudiantes y del profesor

participante, así como los resultados de la prueba de evaluación escrita aplicada, se plantean las siguientes conclusiones:

23.- Los estudiantes manifestaron sentirse *interesados* o *muy interesados* por diferentes aspectos de la temática tratada en la secuencia didáctica. Igualmente, consideraron que se habían sentido *implicados* o *muy implicados* durante su desarrollo en el aula.

Estos resultados se observaron tanto en el estudio preliminar con estudiantes de 3º ESO como en el principal, lo que parece indicar que no se trata de una cuestión coyuntural. Por tanto, el interés y la implicación de los estudiantes parecen apuntar a la adecuación de este contexto para plantear situaciones relevantes de enseñanza y aprendizaje en el aula de ciencias.

Esta valoración de los estudiantes del estudio principal coincide, con algunas matizaciones, con la valoración que del interés y la implicación de los estudiantes fue hecha por el profesor, en comparación con las clases más habituales de Física y Química, quizá por la “sensación de utilidad” manifestada por los propios estudiantes.

24.- Los estudiantes manifestaron haber aprendido *mucho* sobre el agua de bebida y *algo menos* sobre ciencia.

Estos resultados fueron observados tanto en el estudio preliminar como en el principal. El uso del contexto del agua de bebida para aprender ciencia pareció “diluir” la percepción del aprendizaje de los contenidos de química abordados en la secuencia, *de no haber aprendido mucho sobre ciencia y sí sobre el agua*. La introducción de los contenidos científicos desde situaciones tan cotidianas, y en respuesta a cuestiones tan delimitadas y específicas, fruto del enfoque utilizado en el diseño de las actividades de la secuencia, creemos que fue la causa de esta percepción, teniendo en cuenta que era la primera vez que los dos grupos de estudiantes de 3º ESO trabajaban con este enfoque de enseñanza.

25.- Se constata una percepción y valoración positivas de los estudiantes hacia el empleo de enfoques de enseñanza basada en contexto, como el propuesto en esta investigación, frente a otros enfoques “más clásicos” que habitualmente se utilizan en las clases de ciencias.

Estos resultados también se apreciaron tanto en el estudio principal como en el preliminar. Un número significativo de estudiantes valoró positivamente la innovación aplicada, prefiriendo volver a trabajar “de esta manera” en un futuro; o que considerara *mejores* o *más divertidas* las clases durante el desarrollo de la propuesta en relación a las clases “normales”.

26.- La apreciación positiva generalizada en relación a la manera de abordar la enseñanza (innovadora en cuanto al enfoque, temática y actividades), no se vio complementada en el mismo grado por una percepción de novedad en cuanto a la “forma de trabajar en las clases” en el estudio principal, y sí en el estudio preliminar en 3º ESO.

Al respecto, la opinión mayoritaria de los estudiantes participantes en el estudio principal fue que la forma de trabajar en clase se mantuvo muy próxima a la habitual, a la “de siempre”, mientras que para la gran mayoría de los estudiantes del estudio preliminar, el desarrollo en el aula había supuesto cambios importantes respecto a la rutina diaria.

Se pueden explicar estos resultados por las características específicas de cada uno de estos grupos. El grupo de 3º ESO con el que se llevó a cabo el estudio preliminar, presentaba un rendimiento académico bajo mientras que, comparativamente hablando, el grupo de estudiantes del estudio principal tenía un rendimiento académico bastante superior. Para adaptarse a la nueva realidad el profesor ejerció, quizá, un excesivo control y dirección de la clase, que podrían encontrarse en la base de que estos estudiantes consideraran las actuaciones del profesor más parecidas a las de las clases habituales. En cualquier caso, estos aspectos requieren reflexión para la mejora en futuras aplicaciones.

27.- En relación con el diseño, la inclusión de soportes audiovisuales (vídeos, simulaciones, etc.) y otras TIC, pareció mejorar la comprensión de ciertos conceptos manejados en la secuencia. Esta inclusión fue bien valorada por los estudiantes, y en nuestra opinión, acertada en relación con los objetivos planteados en las actividades.

28.- El desarrollo de la secuencia en el estudio principal ha ayudado a un buen número de estudiantes a mejorar su percepción inicial sobre el agua del grifo y sus efectos en el organismo.

Aunque su sabor siga siendo considerado “malo” por buena parte de los estudiantes, en aspectos como la seguridad o la confianza hacia su consumo se ha producido un claro avance. En otras palabras, la gran mayoría de estudiantes estimó conveniente el consumo de agua de bebida envasada por su mejor sabor o comodidad de uso, pero no por razones relacionadas con un deficiente control o vigilancia sanitaria del agua del grifo.

29.- Los estudiantes mostraron diferente grado de desempeño en las tres competencias científicas durante el desarrollo de la secuencia.

En términos generales, las tareas relacionadas con la *identificación de cuestiones científicas* y la *utilización de pruebas*, se mostraron más complejas que aquellas otras relacionadas con la *explicación científica de fenómenos*.

Esto puede deberse a que estas últimas son las que más se suelen fomentar en la enseñanza habitual (Cañas, Martín y Niedo, 2007), y a la escasa familiaridad de los estudiantes con tareas que demandaban los distintos aspectos incluidos en las dos primeras competencias, especialmente: el reconocimiento de cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente (competencia sobre la identificación de cuestiones científicas) y la identificación de los supuestos y las pruebas que subyacen a las conclusiones (competencia sobre la utilización de pruebas científicas).

No obstante, es necesario matizar esta comparación tomando en consideración la diferente naturaleza de cada una de estas competencias, y el hecho de que para su evaluación se han utilizado diferentes procedimientos y herramientas de análisis y evaluación.

30.- En el caso concreto de la competencia de *explicar fenómenos científicos* se aprecian varios niveles de dificultad según la tarea.

Los resultados de la prueba de evaluación muestran que la explicación del proceso de disolución, en términos de un modelo (tarea 2) revistió una mayor dificultad para los estudiantes que la caracterización de sistemas materiales –el agua del grifo como disolución– (tarea 1) y el cálculo de la composición cuantitativa de una disolución (tarea 4).

Estos resultados están de acuerdo con la literatura al respecto, en el sentido de que para los estudiantes es más fácil la explicación de fenómenos en el ámbito macroscópico respecto de aquellos que implican el uso de modelos (Driver, 1988). Por otro lado, las explicaciones en términos cualitativos parecen más fáciles que aquellas que implican el uso de cálculos o expresiones matemáticas, en este caso en el ámbito de la composición cuantitativa (concentración) de una disolución (Blanco, 2000; Stavy 1981).

31.- También se aprecian diferentes grados de desempeño en la competencia de *identificar cuestiones científicas*.

La definición de qué es un modelo científico y su utilización en la química (tarea 3), revistió un menor grado de dificultad para los estudiantes que la identificación de cuestiones sobre el agua embotellada que podrían ser investigables desde la ciencia (tarea 9), y estas a su vez, que la identificación de cuestiones clave para comprender la información recogida en un texto y saber resumirla (tarea 7, sobre los “problemas” asociados con el consumo de agua embotellada).

De acuerdo a los resultados la tarea 3 –que permitía la reproducción de conocimiento relacionado con el uso de modelos científicos– se reveló poco idónea para un enfoque basado en la demanda competencial, mientras que la tarea 7 resultó la más completa desde una perspectiva competencial. En la misma medida, se considera que la tarea 9 se muestra igualmente adecuada desde este punto de vista, aunque debe mejorarse su presentación a los estudiantes.

32.- En el caso de la competencia de *utilizar pruebas científicas* se obtuvieron también distintos grados de desempeño.

Los resultados obtenidos muestran que argumentar a favor o en contra de una afirmación realizada en una etiqueta de agua mineral natural envasada (tarea 5) presentó menos dificultad que argumentar sobre una afirmación (tarea 6, acerca de la presencia de “cal” en el agua embotellada), y que argumentar sobre una pregunta contenida en un anuncio publicitario de una marca de agua envasada en España (tarea 8).

En este caso, las diferencias en el grado de desempeño parecen estar muy relacionadas con la naturaleza de las pruebas que se necesitaban en cada una de las tareas. Así, mientras que la tarea 5 contenía, de manera explícita, una serie de datos que los estudiantes podían utilizar para obtener la conclusión y justificar sus respuestas, en las otras dos cuestiones los estudiantes debían recurrir al conocimiento científico para proponer da-

tos, esta vez implícitos, con carácter de prueba, así como para argumentar sus conclusiones.

El análisis de los resultados reveló, que en general, los argumentos presentados fueron de insuficiente calidad, en particular en la utilización de pruebas adecuadas para fundamentar el razonamiento utilizado lo que aportó, además, escasa coherencia a sus justificaciones.

33.- Sobre el aprendizaje de conocimientos químicos con el desarrollo de esta secuencia cabe plantearse diferentes consideraciones, de acuerdo a los conceptos tratados: pureza, mezcla homogénea y heterogénea, sustancia pura, disolución como sistema material y como proceso, tipos de disoluciones y concentración. Así, los estudiantes:

- a) Diferenciaron adecuadamente los conceptos de mezcla y sustancia pura, en relación con la caracterización química del agua de bebida (del grifo o embotellada).
- b) Solo un reducido número de ellos utilizó con precisión el término “pureza” diferenciando sus acepciones en los ámbitos de la química y de la vida cotidiana.
- c) Mostraron alguna dificultad para utilizar el concepto de homogeneidad para caracterizar el agua del grifo como disolución y, en cierta medida, el agua de bebida embotellada. En otros términos, la mayoría presentó alguna dificultad para caracterizar “el agua del grifo” como un ejemplo de disolución, *porque se veía la cal blanca del agua*.
- d) Evidenciaron más dificultad para utilizar el concepto de interacción que el de movimiento a la hora de explicar, en términos de un modelo de partículas, el proceso de disolución.
- e) Manifestaron una especial dificultad para extender el concepto de disolución a otros estados de la materia diferentes a los casos de sólidos en líquido, como son los del agua de bebida (del grifo o embotellada). Al respecto, y por circunstancias varias como se indicó en su momento, las actividades de este tipo no pudieron desarrollarse adecuadamente en el aula, aspecto que pudo influir en la dificultad observada.
- f) Mostraron también algunas dificultades para manejar la relación inversa en el cálculo de concentraciones y concebir este concepto como una magnitud intensiva, en el sentido de que su valor no depende del volumen de una disolución considerada.

8.2. PROPUESTAS DE MEJORA DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

Las conclusiones de esta investigación han puesto de manifiesto que la SEA elaborada se ha mostrado adecuada, en términos generales, para la finalidad y los objetivos propuestos, y ha sido valorada positivamente por los estudiantes. No obstante, cualquier propuesta didáctica es susceptible de mejora siendo este aspecto uno de los rasgos característicos de las investigaciones basadas en el diseño, que hemos asumido en esta investigación.

A continuación, se detallan aquellas propuestas de mejora que se consideran más relevantes, agrupadas en función de las siguientes dimensiones:

- a) Sobre los contenidos.
- b) Sobre el tratamiento de las competencias científicas.
- c) Sobre las actividades de enseñanza-aprendizaje y su desarrollo en el aula.
- d) Sobre la prueba de evaluación escrita.
- e) Sobre el cuestionario de valoración de los estudiantes.

Sobre los contenidos

Se ha visto necesario desarrollar con mayor detenimiento algunas características y atributos de las disoluciones, tales como el concepto de concentración y su intensividad, aspectos que presentan una importante dificultad para su aprehensión de acuerdo con la literatura consultada (Blanco, 2000; Stavy, 1988).

Como posible propuesta de mejora podemos plantear un mayor nivel de profundización en el modelo de interacción presentado para la explicación del proceso de disolución. Así, con este mismo modelo se podría explicar otros fenómenos relacionados, como el hecho de que no se disuelva el azúcar en alcohol, siendo este un líquido perceptivamente muy parecido al agua (Blanco, 2000). De la misma manera, los contenidos de esta parte de la secuencia didáctica podrían enriquecerse incluyendo algunas actividades específicas sobre el uso de analogías que ayuden a los estudiantes a comprender y utilizar los modelos científicos (Oliva, 2011) o con actividades de modelización en las que los estudiantes investiguen y desarrollen sus propios modelos explicativos (Aragón, Oliva y Navarrete, 2014; Halloun, 2007), en nuestro caso en torno al proceso de disolución.

Se debería hacer más hincapié en la transferencia del concepto de disolución, construida en el contexto del agua de bebida, a otros tipos de sistemas en diferentes estados de agregación. La transferencia en el conocimiento entre contextos es una habilidad importante que se muestra compleja de desarrollar por parte de los estudiantes (Gilbert, 2006; Marchán y Sanmartí, 2013).

Sobre el tratamiento de las competencias científicas

Aunque entendemos que las competencias científicas requieren del alumnado práctica reiterada en el tiempo, consideramos que también es necesario, a la vista de los resultados obtenidos, incluir estrategias específicas para “enseñar a explicar” y “enseñar a argumentar” en el aula.

Así, para mejorar la competencia de explicación científica creemos necesario, incluir actividades específicas, o bien modificar algunas actividades de la secuencia, para que los estudiantes identifiquen y expliciten, oralmente y por escrito, los componentes de una explicación científica (la afirmación, las evidencias y el razonamiento (McNeill y Krajcik, 2008), primero de manera guiada y después de forma autónoma, en distintas situaciones y contextos.

Igualmente, habría que plantearse para el caso de la competencia en argumentación y uso de pruebas. Una forma de avanzar en este sentido podría ser el de incluir para futuras versiones de la secuencia didáctica, algunas actividades para la enseñanza explícita, aunque no excesivamente formal y basada en el ejemplo, de lo que se entiende por argumentación e identificación de los componentes básicos de todo argumento, para posteriormente ofrecer tareas que permitan practicar y desarrollar estas habilidades con la participación activa de los estudiantes. Proyectos educativos como IDEAS (Osborne, Erdurán y Simón, 2004), Mind the Gap o RODA (Jiménez Alexandre, 2011) nos brindan claros ejemplos de esta línea de trabajo.

Sobre las actividades de enseñanza-aprendizaje y su desarrollo en el aula

Si partimos de la premisa de que identificar cuestiones científicas es una competencia importante a desarrollar en la clase de ciencias, creemos que sería necesario mejorar el diseño de algunas de las actividades de la secuencia propuestas para el fomento de esta competencia, por ejemplo, las actividades en la que los estudiantes tiene que diferenciar cuestiones científicas de aquellas que no lo son (actividad A.1.3). Una posible mejora podría ser permitir que sean los propios estudiantes quienes formulen o planteen posibles preguntas investigables sobre el contexto del agua de bebida. De acuerdo con Sanmartí y Márquez (2012) promover y facilitar en el aula este tipo de situaciones podría ser un camino adecuado para fomentar el interés por la ciencia en los estudiantes, al proponer un aprendizaje con más sentido y utilidad, al querer saber más e investigar.

Para un futuro rediseño parece oportuno eliminar de la secuencia aquellas actividades que se mostraron redundantes o poco interesantes. Es el caso, por ejemplo, de la actividad A.2.2 (sobre los distintos usos del término pureza en los ámbitos de la química y de la vida diaria). En igual medida, el análisis de la puesta en práctica nos ha permitido concluir la necesidad de mejorar la forma de presentar ciertas actividades de la SEA con el objeto de centrar la actuación del estudiante. Este podría ser el caso de las actividades A.5.1 (sobre diferencias en la composición química del agua embotellada y de grifo) o

de la A.6.1 (sobre el análisis del mensaje de un anuncio publicitario), de forma que fuera más explícita para los estudiantes su finalidad educativa.

En otros casos la propuesta pasa por mejorar los textos utilizados para que resulten más amenos para los estudiantes. De forma concreta nos estamos refiriendo la actividad A.5.2, relacionada con la vigilancia y control sanitario del agua de bebida).

Finalmente, creemos oportuno asumir la propuesta de mejora planteada por uno de los participantes: en relación con la tarea 5 (diferencias entre el agua embotellada y del grifo), incluir alguna actividad sobre la importancia y los efectos para el organismo humano de los iones fundamentales que están presentes tanto en el agua de bebida como el agua del grifo.

Sobre la prueba de evaluación escrita

En términos generales, la prueba de evaluación se puede considerar adecuada teniendo en cuenta los distintos criterios manejados para su diseño y elaboración, en especial, la evaluación equilibrada de las tres competencias científicas seleccionadas, así como que la prueba no implicase un grado de novedad muy elevado para los estudiantes participantes.

No obstante, el análisis realizado de las respuestas de los estudiantes muestra que algunas de las tareas son susceptibles de mejora. Así, la tarea 3, que permitía la reproducción de conocimiento relacionado con el uso de modelos científicos, se reveló poco idónea para un enfoque basado en la demanda competencial, por lo que debería ser sustituida por otra.

En esta línea, y considerando que la tarea 9 (sobre reconocimiento de cuestiones en torno al agua embotellada susceptibles de ser investigadas científicamente) puede ser adecuada desde este enfoque de enseñanza, creemos que puede mejorarse su diseño permitiendo que los estudiantes aporten las razones por las que determinadas razones relacionadas con el consumo de agua de bebida embotellada pueden, o no, ser contrastadas científicamente, aportando incluso algún tipo de estrategias para su validación.

Sobre el cuestionario de valoración

Entendemos que tal como se plantearon algunas de las cuestiones incluidas en el cuestionario, muchos de los estudiantes no consideraron necesario explicar sus respuestas o motivos –o no quisieron escribirlos–, o bien aportar algunos comentarios al respecto, muy probablemente por desconocer la dinámica y finalidad de este tipo de instrumentos de valoración. Por eso, creemos necesaria la revisión del cuestionario para futuras ocasiones, en aras de conseguir unos datos de mayor calidad, con algunas propuestas de mejora:

- a) Replantando ciertas cuestiones con el fin de que los estudiantes hagan explícitos los motivos de su elección (por qué, explica tu respuesta, etc.).

- b) Incluyendo otras cuestiones adicionales que permitan a los estudiantes, desde su perspectiva, aportar posibles mejoras (qué cambiarías, qué mejorarías, qué incluirías, qué eliminarías, etc.); opinar sobre los aspectos de la secuencia que han resultado de su preferencia (qué tipo de actividades han resultado más difíciles o fáciles, más tediosas o entretenidas, qué contenidos se comprendieron mejor, etc.); o por ejemplo, valorar la utilidad de la secuencia en relación a su vida diaria (lo consideras un tema relevante, te ha parecido útil, para qué te ha servido, etc.).
- c) Valorando la posibilidad de incluir respuestas cerradas de opción múltiple, que recojan la posible gama de “respuestas tipo” ya analizadas y validadas en los ensayos previos.

8.3. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Como toda investigación esta presenta algunas limitaciones que tienen que ver tanto con su objeto de estudio (desarrollar una propuesta didáctica con una finalidad determinada), como con los enfoques metodológicos utilizados (investigación basada en el diseño y estudios de caso).

Sobre el diseño de la propuesta didáctica

Con respecto al diseño de una propuesta didáctica hay que tener en cuenta la dificultad inherente que implica integrar en una misma SEA cuestiones tan diferentes: abordar enseñanza en contexto mediante un problema de la vida diaria con la construcción de conocimiento científico y el desarrollo de competencias. Habitualmente son problemas que suelen tratarse en la investigación didáctica de forma separada, al considerarse que cada uno de constituye en sí mismo un problema de investigación con metodologías o enfoques propios.

Así, nos encontramos con el problema, muy resaltado en la bibliografía, de cómo integrar la enseñanza en contexto de la vida diaria con el aprendizaje de conocimientos científicos (Kortland, 2007). Por otro lado, nos encontramos con dos problemas quizá más novedosos en la investigación didáctica, como es la integración del aprendizaje de contenidos con el desarrollo de competencias (Pedrinaci, 2012) y la búsqueda de opciones concretas para enseñar y evaluar competencias en la enseñanza de las ciencias (Sanmartí y Marchán, 2014).

La evaluación de competencias se muestra como un campo complejo nuevo, en el que se ha avanzado mucho desde la perspectiva de las evaluaciones externas pero no tanto desde la evaluación como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje del profesorado. En esta investigación se ha explorado una forma de evaluar cada una de las tres competencias científicas utilizadas en el marco de evaluación que propone PISA en ciencias (OCDE, 2006a).

La explicación de cuestiones científicas y la utilización de pruebas (argumentación) son cuestiones ampliamente tratadas en la Didáctica de las Ciencias Experimentales, disponiéndose de esquemas para su utilización didáctica tanto en la enseñanza como en la evaluación. No ocurre así con la identificación de cuestiones científicas, algunos de cuyos aspectos tienen un carácter muy general (identificación de términos clave para la búsqueda de información científica), y algunos otros aspectos han sido poco tratados desde el campo de la Didáctica de las Ciencias, por lo que no disponen aún de esquemas o referentes teóricos de partida.

Por otro lado, debemos tener presente también las limitaciones asociadas al estudio del desarrollo de competencias como producto de intervenciones didácticas de corto alcance en el tiempo. Se entiende que el desarrollo de competencias por parte de los estudiantes requiere brindar situaciones para su desempeño, pero también de práctica y tiempo (Zabala y Arnau, 2007), sobre todo si los estudiantes concretos con los que se ha trabajado, como sucede en esta investigación, no estaban habituados a este enfoque, tanto por el enfoque basado en el desarrollo de competencias como el estudio de problemas y situaciones de la vida diaria para el aprendizaje de las ciencias.

Sobre los enfoques metodológicos

Dada su naturaleza con esta investigación no se persigue conseguir una generalización de los resultados obtenidos. En esta investigación se ha puesto el foco de atención en la descripción y análisis de las situaciones observadas, y desde el enfoque cualitativo que la impregna, hemos atendido más al cómo y al porqué que al cuánto.

Asumiendo esta metodología, y desde el posicionamiento teórico de las investigaciones basadas en el diseño, nuestro interés se ha centrado en obtener información sobre el diseño de la propuesta didáctica, la toma de datos de su implementación y desarrollo en el aula y su evaluación destinada a proponer cambios para la mejora.

Debemos asumir que en ninguna de las etapas de la investigación (tanto de los estudios preliminares como principal) se ha trabajado con extensas muestras de estudiantes. Por tanto, no se plantea que tales muestras sean consideradas representativas de los distintos niveles educativos en los que se ha trabajado. No obstante, los resultados obtenidos con respecto a las ideas y creencias de los estudiantes sobre el consumo de agua de bebida embotellada, y las razones para dicho consumo, se hallan en concordancia con la literatura consultada. Desde esta perspectiva bien podrían considerarse representativos del estado de opinión de la ciudadanía al respecto.

Por otro lado, y dada la naturaleza de los estudios de caso, los resultados obtenidos pueden no ser directamente transferibles a otras situaciones similares, aunque se considera que el grado en que se han descrito el diseño y la implementación de la SEA pueden permitir que otros investigadores o profesores puedan hacerse una idea muy detallada de la misma, lo que ayudará a su utilización en otros contextos educativos.

No puede concluirse, ni era el objetivo de esta investigación, que la SEA diseñada, por sí sola, pudiera garantizar el desarrollo de competencias científicas de los estudiantes. Tal pretensión requeriría de programas más prolongados en el tiempo que hayan sido diseñados e implementados con esta finalidad específica (Fensham, 2007). No obstante, consideramos que esta investigación contribuye a un enfoque para el diseño de secuencias de enseñanza basado en el tratamiento de problemas relevantes de la vida diaria de los estudiantes, que puede ser tomado como punto de partida para la elaboración de dichos programas.

8.4. SUGERENCIAS PARA CONTINUAR LA INVESTIGACIÓN

La SEA fruto de esta investigación debe entenderse como una hipótesis de trabajo que partiendo de un contexto educativo concreto, se plantea para ayudar a los profesores a desarrollar las competencias científicas de los estudiantes, junto con otras competencias clave como un aprendizaje útil para la vida, en este caso centrado en el consumo de agua de bebida envasada.

La siguiente fase de esta investigación sería, por tanto, su difusión y transferencia a otros profesores y contextos educativos. En este sentido, hay que tener en cuenta las dificultades, ya conocidas, de los procesos de transferencia del conocimiento didáctico, desde la investigación a la práctica (Gilbert, 2006; Millar y Osborne, 2009). Además de disponer de una SEA bien diseñada se muestra necesario que el profesorado comparta las finalidades de la misma, comprenda su fundamento y disponga de los conocimientos y habilidades docentes necesarios para llevarla a la práctica (Millar, 2006).

Para dar a conocer esta SEA al profesorado que no ha estado implicado en su elaboración y evaluación es imprescindible presentarla de la forma más completa posible, mostrar las ideas que han fundamentado su diseño y describir el contexto y los detalles concretos de cómo ha sido implementada, enfatizando la importancia del papel que adopta el profesorado en cada una de las fases de la secuencia didáctica (Leach y Scott, 2002).

Esta es la línea en la que se tiene previsto continuar la investigación. Para ello se llevarán a cabo nuevos estudios de caso con otros profesores que deseen llevar a su aula la SEA diseñada en este trabajo de tesis.

8.5. IMPLICACIONES PERSONALES

Comenzamos esta memoria de tesis planteando el origen de la investigación. Ahora quisiéramos finalizarla esbozando algunas reflexiones sobre lo que ha supuesto para el autor, como profesor de la especialidad de Física y Química, su desarrollo.

Ya se indicó en el capítulo I que mis inicios en la investigación educativa estuvieron guiados por la insatisfacción como docente en el día a día de mis clases, y en particular,

a la hora de impartir la materia de Física y Química en 3º ESO. Las protestas de mis estudiantes sobre la (in)utilidad de los contenidos prescritos, “la dificultad” de la materia y la desmotivación de muchos de ellos me llevaron al compromiso de tratar de mejorar mis clases –inicialmente a través de una formación autodidacta–, con la introducción de materiales contextualizados y el fomento de la alfabetización científica básica ciudadana, lo que me impulsó a conocer más en profundidad este tipo de enfoques de enseñanza.

Acceder al campo formal de la investigación e innovación educativa me ha brindado la oportunidad de entrar en contacto con especialistas en Didáctica de las Ciencias Experimentales y con otros colegas que compartían mis inquietudes sobre la educación científica que reciben nuestros jóvenes, mostrándome un nuevo horizonte profesional al encontrar que otras formas de dar clase (fundamentadas en el conocimiento didáctico) son posibles, aspectos que han constituido un importante revulsivo en mi trabajo como docente de secundaria.

No obstante, los primeros acercamientos a la investigación educativa no fueron fáciles para alguien como yo “de ciencias de toda la vida”. Mis estudios de Ciencias Químicas moldearon una forma de entender la investigación demasiado rígida, que poco tiene que ver con el paradigma cualitativo que suele impregnar muchas de las investigaciones en el ámbito educativo, incluida la que aquí se presenta. La investigación de corte cualitativo supuso para mí un fuerte impacto en la forma de concebir los procesos investigativos, aunque también me ha permitido conocer en profundidad múltiples aspectos de la compleja realidad educativa, algo que sin lugar a dudas, ha enriquecido mi práctica diaria.

Es cierto que todos los grupos de estudiantes no son iguales, por intereses y motivación, pero hoy creo poder decir que mis clases han mejorado y que mis alumnos y alumnas “aprenden mejor” con el uso de metodologías que priman la utilidad del aprendizaje para comprender e interpretar situaciones cotidianas (entiendo que relevantes para la vida diaria), y a las que he podido tener acceso a través de la investigación didáctica.

No quiero indicar con ello que la Didáctica de las Ciencias Experimentales constituya la panacea de todos los problemas que acarrea actualmente la enseñanza de las ciencias. Los procesos educativos son ciertamente complejos por la multitud de factores que intervienen en los mismos, pero estoy firmemente convencido de que todo el profesorado de ciencias, y en especial de enseñanza secundaria, debería contemplar en su curriculum vitae una vasta y sólida formación en didáctica, con la intención de mejorar su intervención educativa.

En este orden de cosas, está claramente fundamentado que el conocimiento disciplinar, aunque muy importante y necesario, no es suficiente por sí mismo para mejorar las clases de ciencias. Se trata, por tanto, de integrar el conocimiento de la materia con otras parcelas (de la psicología, por ejemplo) que sin lugar a dudas están presentes en el acto educativo, al objeto de mejorar la práctica educativa: cómo se aprende, qué estrategias favorecen un aprendizaje más significativo, cómo estructurar o secuenciar los conteni-

dos, qué problemas de aprendizaje se asocian con los contenidos, etc., algo a lo que se atiende desde las didácticas específicas.

De hecho, es el profesor quien tiene que reorganizar el conocimiento científico a partir del currículo oficial propuesto, y descomponerlo en tareas específicas para su enseñanza en el aula. Desde esta perspectiva, se considera fundamental que los docentes conozcamos los resultados de la investigación didáctica relativa a la enseñanza del tópico objeto de estudio.

Resulta obvio que realizar una investigación educativa, como la que aquí se ha presentado, requiere un considerable trabajo que no podemos exigir a todo el profesorado, ni tampoco es ese el objetivo. Mi motivación personal no era otra que mejorar mi comprensión acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, y por extensión mi actividad profesional. La experiencia ha sido realmente enriquecedora, y a pesar del importante esfuerzo, todo el proceso ha merecido la pena.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

- AA.VV. (2009). *Competencia en cultura científica, tecnológica y de la salud. Marco teórico*. Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco. Recuperado de http://ediagnostikoak.net/ediag/cas/materiales-informativos/ED11_marko_teorikoak/3_Competencia_cientifica.pdf.
- Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), pp. 3-15.
- Acevedo, J.A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencias*, 5(2), pp. 134-169.
- Acher, A., Arcá, M. y Sanmarti, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: a case study in Primary Education. *Science Education*, 91(3), pp. 398 – 418.
- AECOSAN (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición) (2015). *Legislación sobre aguas de bebida envasadas*. Recuperado de http://aesan.msssi.gob.es/AESAN/web/legislacion/subdetalle/agua_envasada.shtml. Consulta: 06/05/2015.
- AGAEVE (2009). *Pruebas de Evaluación de Diagnóstico. Competencia básica en el conocimiento e interacción con el mundo físico y natural*. Recuperado de <http://www.juntadeandalucia.es/educacion/agaeve/web/agaeve/alumnado-publicaciones>.
- Aguerrondo, I. (2009). Conocimiento complejo y competencias educativas. *IBE Working Papers on Curriculum Issues*, 8. Ginebra, Suiza: UNESCO.
- Alba, J., Elola, J. y Luffiego, M. (2008). Las competencias básicas en las áreas de Ciencias. *Cuadernos de Educación de Cantabria*, 4. Santander: Consejería de Educación del Gobierno de Cantabria.
- Albe, V. (2007). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science Education*, 17, pp. 805-827.
- Álvarez, S., Pérez, A. y Suárez, M.L. (2008). *Hacia un enfoque de la educación en competencias*. Consejería de Educación y Ciencia del Principado de Asturias.
- Álvarez, C. y San Fabián, J.L. (2012). La elección del estudio de caso en investigación educativa. *Gazeta de Antropología*, 28(1), artículo 14. Recuperado de <http://digibug.ugr.es/handle/10481/20644>.
- ANEABE (Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas) (2014). *Producción y consumo*. Recuperado de <http://www.aneabe.es/index.htm>. Consulta: 18/07/2014.

- Anderson, B. (1986). The experimental gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8(2), pp. 155-171.
- ANQUE (2005). La enseñanza de la Física y la Química. Comisión de Educación de la Asociación Nacional de Químicos Españoles. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), pp. 101-106.
- Aragón, M. (2004). La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 1(2), pp. 109-121.
- Aragón, M.M., Oliva, J.M. y Navarrete, A. (2014). Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico. *Enseñanza de las ciencias*, 32(3), pp. 337-356.
- Arconada, M.A. (2006). *Cómo trabajar con la publicidad en el aula. Competencia comunicativa y textos publicitarios*. Barcelona: Graó.
- Arnau, L. (2009). La complejidad de la evaluación de competencias. *Aula de Innovación Educativa*, 180, pp. 33-36.
- Arnold, E. y Larsen, J. (2006). *Bottled water: pouring resources down de drain*. Earth Policy Institute. Recuperado de [http://www.earth-policy.org/ Updates/2006/Update51.htm](http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update51.htm). Consulta: 10 de agosto de 2012.
- Avargil, S., Herscovitz, O. y Dori, Y. (2012). Teaching thinking skills in context-based learning: Teachers challenges and assessment knowledge. *Journal of Science Education and Technology*, 21, pp. 207-225.
- Bakhtin, M.M. (1986). *Speech genres and other late essays*. Austin, Estados Unidos: University of Texas Press.
- Banet, E. (2010a). Finalidades de la educación científica en educación secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), pp. 199-214.
- Banet, E. (2010b). El Medio Natural en la LOE: ¿continuidad o cambio en el currículo de educación primaria? *Investigación en la Escuela*, 70, pp. 71- 88.
- Bannan-Ritland, B. (2003). The role of design in research: the integrative learning design framework. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 21-24.
- Barab, S. y Kirshner, D. (2001). Guest editors' introduction: rethinking methodology in the learning sciences. *Journal of the Learning Sciences*, 10(1), pp. 5-15.
- Barab, S. y Squire, B. (2004). Design-based research: putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), pp. 1-14.

- Barmby, P., Kind, P. y Jones, K. (2008). Examining changing attitudes in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 30, pp. 1075-1093.
- Barnett, R. (2001). *Los límites de la competencia*. Barcelona: Gedisa.
- Barriga, A. (2006). El enfoque de competencias en la educación. ¿Una alternativa o un disfraz de cambio? *Perfiles Educativos*, 28(111), pp. 7-36.
- Bell, B. (2007). Classroom assessment of science learning. En S. Abell y N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 537-559). New Jersey, Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bell, P., Hoadley, C., y Linn, M. (2004). Design-based research in education. En M. C. Linn, E. A. Davis y P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 73-84). Mahwah, Nueva York, Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bennett, J. y Lubben, F. (2006). Context-based chemistry: The Salters' approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 999-1015.
- Bennett, J., Hogarth, S., y Lubben, F. (2003). *A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science: Review summary*. UK: University of York.
- Bennett, J., Lubben, F. y Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: a synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), pp. 347-370.
- Berg, K. (2012). A study of first-year chemistry students' understanding of solution concentration at the tertiary level. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, pp. 8-16.
- Blanco, A. (1988) Las ideas de los alumnos sobre los conceptos de disolución y concentración. En T. Serrano y A. Blanco (Eds.), *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Narcea.
- Blanco, A. (1995). *Estudio de las concepciones de los alumnos sobre algunos aspectos de las disoluciones y de los factores que influyen en ellas*. Tesis doctoral. Universidad de Málaga.
- Blanco, A. (2000). Implicaciones didácticas de los estudios sobre las concepciones de los alumnos: las disoluciones. En M. Limón y otros (Eds.), *Aspectos didácticos de Física y Química (Química)* 9 (pp. 101-143). Zaragoza: ICE.
- Blanco, A. (2007). Alfabetización química y educación para la ciudadanía. *Kikiriki. Cooperación Educativa*, 85, pp. 27-31.
- Blanco, A. (2012). *La competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*. Documento de trabajo. Proyecto COMPCIEN 10-16. No publicado.

- Blanco, A. y Prieto, T. (1994) Las disoluciones. Dificultades de aprendizaje y sugerencias para su enseñanza. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 1, pp. 125-131.
- Blanco, A. y Prieto, T. (1997). Pupils' view on how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: a cross-age study. *International Journal of Science Education*, 19(3), pp. 303-315.
- Blanco A. y Rodríguez Mora, F. (2008). “El consumo de agua de bebida envasada” como contexto para desarrollar propuestas de alfabetización científica. En R. Márques *et al.* (Coords.), *Perspectivas Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Innovación de la Educación en Ciencias. Actas del V Seminario Ibérico y I Seminario Iberoamericano en CTS en la Educación Científica* (pp. 279-283) (en formato CD). Aveiro, Portugal, 3-5 de julio de 2008.
- Blanco, A., España, E. y Franco, A.J. (en prensa). Diseño y desarrollo de unidades didácticas para la enseñanza de la competencia científica. En A. Blanco y T. Lupión (Eds.), *La competencia científica en las aulas. Nueve propuestas didácticas*. Ourense: Educación Editora.
- Blanco, A., España, E. y González, F.J. (2010). Un proyecto de investigación para el fomento de la competencia científica en la educación obligatoria. *XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 729-735). Baeza, Jaén, 21-23 de julio de 2010.
- Blanco, A., España, E. y Rodríguez Mora, F. (2012). Contexto y competencia científica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, pp. 9-18.
- Blanco, A., Franco, A.J. y España, E. (2015). A competence-based approach to the design of a teaching sequence about oral and dental health and hygiene: a case study. *Journal of Biological Education*, <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2015.1058838>.
- Blanco, A., Franco, A.J. y España, E. (en prensa). Enseñar química en el contexto de problemas y situaciones de la vida diaria relacionados con la salud. *Educació Química*.
- Blanco, A., Rodríguez Mora, F. y Rueda, J.A. (2011). ¿Es necesario consumir agua embotellada? *Aula de Innovación Educativa*, 207, pp. 35-40.
- Blanco, A., España, E., González, F. y Franco, A.J. (2015). Key aspects of scientific competence for citizenship: a Delphi study of the expert community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), pp. 164-198.
- BMC (2014). *Beverage marketing's 2014 market report findings*. Recuperado de <http://www.bottledwater.org>. Consulta: 10 de julio de 2014.
- Bolívar, A. (2008). *Ciudadanía y competencias básicas*. Sevilla: Fundación Ecoem.

- Bolívar, A. (2010). *Competencias básicas y currículo*. Madrid: Síntesis.
- Bolívar, A. y Moya, J. (2007) (Coords.). *Las competencias básicas. Cultura imprescindible para la ciudadanía*. Madrid: Proyecto Atlántida.
- Bolívar, A. y Pereyra, M. A. (2006). El Proyecto DeSeCo sobre la definición y selección de competencias clave. Introducción a la edición española. En D.S. Rychen y L.H. Salganik (Eds.), *Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico* (pp. 1-13). Archidona (Málaga): Ediciones Aljibe.
- Bolívar, A., Moya, J. y Tiana, A. (2011). *Las competencias básicas: un nuevo perfil educativo para el siglo XXI. Proyecto Combas*. Madrid: Ministerio de Educación. Recuperado de http://cefire.edu.gva.es/pluginfile.php/573257/mod_resource/content/1/Modulo1.pdf
- Borja, A. (1997). Formación continua y formación inicial ante las nuevas exigencias profesionales de la sociedad contemporánea. En J. García Carrasco (Coord.), *Educación de adultos* (pp.189-215). Madrid: Ariel.
- Bravo, B. y Jiménez-Alexandre, P. (2013) ¿Criaríamos leones en granjas? Uso de pruebas y conocimiento conceptual en un problemas de acuicultura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), pp. 122-135.
- Bravo, B., Pesa, M. y Rocha, A. (2014). Una propuesta para enseñar a explicar en clase de ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 76, pp. 1-9.
- Brown, A. (1992). Design experiments. Theoretical and methodological challengers in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2, pp. 141-178.
- Bullers, A.C. (2002). Bottled water: better than the tap? *FDA Consumer Magazine*, 36(4), pp. 14-18. Recuperado de <http://www.fda.gov/ForConsumers/Consumer Updates/ucm203620.htm>.
- Bulte, A., Westbroek, H.B., De Jong, O. y Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 28, pp. 1063-1086.
- Burden, J. (2005). Ciencia para el siglo XXI: un nuevo proyecto de ciencias para la educación secundaria en el Reino Unido. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46, pp. 68-79.
- Burkhardt, H. (2006). From design research to large-scale impact: engineering research in education. En J. van den Akker, N. Gravemeijer, S. McKenney y N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research* (pp. 121-150). Londres, Reino Unido: Routledge.

- Buty, C., Tiberghien, A. y Le Maréchal, J. F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), pp. 579-604.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth, Reino Unido: Heinemann.
- Bybee, R.W., McCrae, B. y Laurie, R. (2009). PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), pp. 865-883.
- Caamaño, A. (2005). Presentación de la monografía: Contextualizar la ciencia. Una necesidad en el nuevo currículo de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46, pp. 5-8.
- Caamaño, A. (2007). Modelizar y contextualizar el currículum de química: un proceso en constante desarrollo. En M. Izquierdo, A. Caamaño y M. Quintanilla M. (Eds.), *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* (pp. 19-41). Cerdanyola del Vallès: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, pp. 21-34.
- Caamaño, A. (2012). La elaboración y evaluación de modelos científicos escolares es una forma excelente de aprender sobre la naturaleza de la ciencia. En E. Pedrinacci (Coord), *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 105-126). Barcelona: Graó
- Cabero, J. (2007). Las TICs en la enseñanza de la química: aportaciones desde la Tecnología Educativa. En A. Bodalo y otros (Eds), *II Jornadas Nacionales sobre la Enseñanza de la Química. Química: vida y progreso* (ponencia presentada). Murcia: Asociación de Químicos de Murcia, 4 a 7 de octubre de 2007.
- Cabrerizo, J., Rubio, M.J. y Castillo, S. (2007). *Programación por competencias. Formación y práctica*. Madrid: Pearson Educación.
- Çalik, M., Ayas, A., y Ebenezer, J.V. (2005) A review of solution chemistry studies: insights into students' conceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 14(1), pp. 29-50.
- Çalik, M., Ayas, A. y Ebenezer, J.V. (2009). Analogical reasoning for understanding solution rates: students' conceptual change and chemical explanations. *Research in Science and Technological Education*, 27(3), pp. 283-308.
- Campbell, B. y Lubben, F. (2000). Learning science through contexts: Helping pupils make sense of everyday situations. *International Journal of Science Education*, 22(3), pp. 239-252.

- Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nicolson, P., Ramsden, J., y Waddington, D. (1994). Science: the Salters' approach. A case study of the process of large scale curriculum development. *Science Education*, 78(5), pp. 415-447.
- Cañal, P. (2011). Competencia científica y competencia profesional en la enseñanza de las ciencias. En A. Caamaño (Coord.), *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 35-55). Barcelona: Graó.
- Cañal, P. (2012a). Saber ciencias no equivale a tener competencia profesional para enseñar ciencias. En E. Pedrinaci (Coord), *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 217-237). Barcelona: Graó.
- Cañal, P. (2012b). La evaluación de la competencia científica requiere de nuevas formas de evaluar los aprendizajes. En E. Pedrinaci (Coord), *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 241-266). Barcelona: Graó.
- Cañal, P. (2012c). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación en la Escuela*, 78, pp. 5-17.
- Cañal, P. (2012d). ¿Cómo evaluar la competencia científica en secundaria? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 72, pp. 75-83.
- Cañas, A., Martín-Díaz, M. y Nieda, J. (2007). *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. La competencia científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- Cañas, A., Martín-Díaz, M. y Nieda, J. (2008). ¿Debería nuestro currículo adaptarse más a la competencia científica de PISA? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 57, pp. 32-40.
- Cañas, A., Martín-Díaz, M. y Nieda, J. (2009). Definición y secuenciación de la competencia científica en la LOE. *Aula de Innovación Educativa*, 186, pp. 7-9.
- Cañas, A. y Martín-Díaz, M. (2010). ¿Puede la competencia científica acercar la ciencia a los intereses del alumnado? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 57, pp. 80-87.
- Cañas, A. y Nieda, J. (2011). Una forma de trabajar la competencia científica en el aula. *Revista Digital de Educación y Formación del Profesorado*, 10. Recuperado de http://revistaeco.cepcordoba.org/index.php?option=com_content&view=article&id=143:una-forma-de-trabajar-la-competencia-cientifica-en-elaula&catid=17:articulos&Itemid=5. Consulta 13/11/2013.
- Cebreiro, B. y Fernández Morante, M.C. (2004). Estudio de casos. En F. Salvador, J.L. Rodríguez, y A. Bolívar (Dirs.), *Diccionario Enciclopédico de Didáctica* (pp. 666-668). Málaga: Aljibe.

CECU (Confederación de Consumidores y Usuario) (2011). *Agua para las ciudades: respondiendo al desafío urbano*.

Recuperado de http://www.cecuc.es/noticias/Agua%20para%20las%20ciudades_3.pdf. Consulta: 06/06/2015.

Cerón, E. (2010). *Agua embotellada: impactos en la salud humana y ambiental*. Documento de revisión. Universidad de El Bosque. Recuperado de <http://xa.yimg.com/kq/groups/15871512/1591756328/name/Revision+agua+embotellada+final+Modulo.pdf>. Consulta 14/08/2012.

Cervelló, J. (2009). El informe Rocard: una alternativa para la formación científica. En C Guillén (Coord.), *Educación científica “ahora”: el informe Rocard*, (pp. 9-46). Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Secretaría General Técnica.

Chamizo, J.A. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), pp.133-146.

Chamizo, J.A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), pp. 26-41.

Chamizo, J.A. (2013). A new definition of models and modeling in chemistry's teaching. *Science and Education*, 22(7), pp. 1613-1632.

Chamizo, J.A. e Izquierdo, M. (2005). Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 46, pp. 9-17.

Chiecher, A. y Donolo, D. (2010). Investigar y transferir en un proceso único. Potencialidades de la investigación basada en diseños. *Actas del X Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur*. Comunicación presentada. Mar del Plata, Argentina, 8-10 diciembre 2010. Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/96706/CHIECHER.pdf?sequence=1>.

Claxton, G. (1994). *Educación mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor.

Cobb, P. (2000). The importance of a situated view of learning to the design of research and instruction. En J. Boaler (Eds.), *Multiple perspectives on mathematics teaching and learning* (pp. 45-82). Londres. Reino Unido: Ablex Publishing.

Cobb, P. y Gravemeijer, K. (2008). Experimenting to support and understand learning processes. En A. Kelly, R. Lesh y J. Baek (Eds.), *Handbook of design research methods in education. Innovations in Science, Technology, Engineering and Mathematics Learning and Teaching* (pp. 68-95). Mahwah, Nueva York, Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates.

Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A., Lehrer, R. y Schauble, L. (2003). Designing experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 9-13.

- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (Eds.) (2011). *Research Methods in Education*. New York: Routledge.
- Coller, X. (2005). *Estudio de casos*. Madrid: CIS.
- Collins, A. (1992). Towards a design science of education En E. Scanlon y T. O'Shea, (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 15-22). Berlin, Alemania: Springer-Verlag.
- Collins, A., Joseph, D. y Bielaczyc, K. (2004). Design research: theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), pp. 15-42.
- Comisión Europea (2002). *Ciencia y Sociedad. Plan de Acción*. Bruselas. Recuperado de https://ec.europa.eu/research/science-society/pdf/ss_ap_es.pdf.
- Comisión Europea (2004a). *Europe needs more scientists*. Bruselas. Recuperado de https://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference_review_en.pdf.
- Comisión Europea (2004b). *Key Competences for Lifelong Learning. A European Reference Framework*. Implementation of Education and Training 2010. Work Programme. Working Group B: *Key Competences*. Recuperado de <http://ec.europa.eu/education/policies/2010/doc/basic2004.pdf>.
- Comisión Europea (2005). *Europeans, Science and Technology: special Eurobarometer 224*. Bruselas. Recuperado de http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_224_report_en.pdf.
- Comisión Europea (2007). *Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo*. Ciudad de Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- Comisión Europea (2010). *Europa 2020: una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador*. Bruselas. Recuperado de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:ES:PDF>.
- Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicaciones para la enseñanza de las ciencias. *Ciencia y Educación*, 1(7), pp. 85-94.
- Confrey, J. (2006). The evolution of design studies as methodology. En R.K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 135-152). Nueva York, Estados Unidos: Cambridge University Press.
- Consejería de Educación de la Junta de Andalucía (2007a). *Decreto 231/2007, de 31 de julio, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas correspondientes a la educación secundaria obligatoria en Andalucía*. BOJA núm. 156, 8 de agosto 2007.
- Consejería de Educación de la Junta de Andalucía (2007b). *Ley 17/2007, de 10 de diciembre, de Educación de Andalucía*. BOJA núm. 252, 26 de diciembre 2007.

- Consejería de Educación de la Junta de Andalucía (2008). *Prueba de la evaluación de diagnóstico 2008-09. Competencia básica en el conocimiento e interacción con el medio físico y natural. 2º de ESO. Manual de aplicación*. Sevilla: Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Dirección General de Ordenación y Evaluación Educativa.
- Consejo Europeo (2000). *Conclusiones de la presidencia. Consejo Europeo de Lisboa*. Lisboa, 23 y 24 de marzo de 2000. Recuperado de <http://www.minhap.gob.es/Documentacion/Publico/SGPEDC/Estrategia%20de%20Lisboa.pdf>.
- Consejo Escolar del Estado (2008). Marco conceptual de la educación por competencias. *XVIII Encuentro de Consejos Escolares Autonómicos y del Estado. Las competencias educativas básicas*. Bilbao, 6 al 9 de mayo de 2008. Recuperado de http://www.mecd.gob.es/cee/actuaciones/junta-de-participacion/encuentros_ante_rios.html.
- Cook, T.D. y Reichardt, CH. (1986). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Madrid: Morata.
- COSCE (2011). La importancia de la competencia científica en la sociedad actual. *Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España* (pp. 21-23). Madrid: COSCE.
- Costa, V. (1995). When science is “another world”: relationships between worlds of family, friends, school and science. *Science Education*, 79(3), pp. 347-372.
- Cotruvo, J. y Bartram, J. (Eds.) (2009). *Calcium y magnesium in drinking water: public health significance*. Ginebra, Suiza: World Health Organization.
- Couso, D. (2009). Y después de PISA, ¿qué? Propuestas para desarrollar la competencia científica en el aula de ciencia de profesores en ejercicio y futuros profesores de ciencias. *VIII Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp.3547-3550. Barcelona, 7-11 de septiembre 2009.
- Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. En A. Caamaño (Coord.), *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 57-84). Barcelona: Graó.
- Couso, D., Hernández, M.I. y Pintó, R. (2009). Las propiedades acústicas de los materiales: Una propuesta didáctica de modelización e indagación sobre Ciencia de Materiales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 59, pp. 66-78.
- Custodio, E. y Sanmartí, N. (2005). Mejorar el aprendizaje en la clase de ciencias aprendiendo a escribir justificaciones. *VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp 1-6. Granada, 7-10 de septiembre 2005. Recuperado de http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp516mejapr.pdf.

- Da Cruz, J. (2006). Agua embotellada: signo de nuestro tiempo. *Observatorio de la Globalización*, 5, pp. 1-6.
- Dahncke, H. *et al.* (2001). Science education versus science in the academy: questions, discussions-perspectives. En H. Behrendt *et al.* (Eds.), *Research in science education. Past, present, and future* (pp. 43-48). Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.
- DBRC (The Design Based Research Collective) (2003). Design-based research: an emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 5-8.
- DeBoer, G.E. (2011). The globalization of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), pp. 567-591.
- Dede, C. (2004). If design-based research is the answer, what is the question? *The Journal of the Instructional Sciences*, 13(1). Recuperado de <http://inkido.indiana.edu/design/dede.doc>.
- De Freitas, K. y Alves, A. (2010). Reflexiones sobre el papel de la contextualización en la enseñanza de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), pp. 275-284.
- De Jong, O. (2006). Making chemistry meaningful: conditions for successful context-based teaching. *Educación química*, 17, núm. extraordinario, pp. 215-221.
- De Jong, O. (2008). Context-based chemical education: how to improve it? *Chemical Education International*, 8, pp. 1-7.
- De la Orden, A. (2007). El nuevo horizonte de la investigación pedagógica. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 9(1) [conferencia]. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15590110>.
- De la Orden, A. (2011). El problema de las competencias en la educación general. *Bordón*, 63(1), pp. 47-61.
- Del Re, G. (2000) Models and analogies in science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6(1), pp 5-15.
- Denehy, J. (2008). Water for sale: what are the cost? *The Journal of School Nursing*, 24(2), pp. 59-60.
- Denzin N.K. y Lincoln, Y. (2012). *Manual de investigación cualitativa*. Madrid: Gedisa.
- Departamento de Educación (2009). *Niveles de competencia en la evaluación de diagnóstico*. En http://ediagnostikoak.net/ediag/cas/item-liberados/ESO_definitivo/2ESO_definitivo.pdf. Consulta: 07/03/2015.
- Dey, I. (2005). *Qualitative data analysis. A user-friendly guide for social scientific*. Londres, Reino Unido: Taylor & Francis.

- Díaz Barriga, A. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *REDIE Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5(2), pp. 105-117. Recuperado de <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>.
- Díaz Barriga, A. (2006). El enfoque de competencia en la educación. ¿Una alternativa o un disfraz de cambio? *Perfiles Educativos*, 28(111), pp. 7-36.
- Díaz, N. y Jiménez-Liso, M.R. (2012). Las controversias socio-científicas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), pp. 54-70.
- Disessa, A. y Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), pp. 77-103.
- Doria, M. (2006). Bottled water versus tap water: understanding consumers-preferences. *Journal of Water Health*, 4(2), pp. 271-276.
- Doria, M. (2010). Factors influencing public perception of drinking water quality. *Water Policy*, 12(1), pp. 1-19. DOI: 10.2166/wp.2009.051.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-120.
- Driver, R.; Guesne, E. y Tiberghien, A (1989). *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia* (capítulo X). Madrid: Ediciones Morata.
- Driver, R., Leach, J., Scott P. y Wood-Robinson, C. (1994). Young people's understanding of science concepts: implications of cross-age studies for curriculum planning. *Studies in Science Education*, 24, pp. 75-100.
- Duit, R. (2000). A model of educational reconstruction as a framework for designing and validating teaching and learning sequences. *International Symposium Designing and Validating Teaching-Learning Sequences in a Research Perspective*. Paris, Francia: 23-25 de noviembre de 2000.
- Duit, R. (2006). Science education research. An indispensable prerequisite for improving instructional practice. Comunicación presentada en ESERA Summer School. Braga, Portugal, 15-22 de julio 2006. Recupero de <http://www.esera.org/media/summerschool/esera2006/DUITBR.pdf>.
- Duit, R. (2007). Science education research. Conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(1), pp. 17-27.
- Duit, R., Gropengiesser, H. y Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. En H.E. Fischer (Ed.), *Developing Standards in Research on Science Education* (pp. 1-9). Londres, Gran Bretaña: Taylor & Francis Group.

- Duranti, A. y Goodwin, C. (1992) *Rethinking context: language as an interactive phenomenon*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- EFBW (European Federation of Bottled Waters) (2014). *Key statistics*. Recuperado en <http://www.efbw.eu/index.php?id=128>. Consulta: 31/07/2014
- Egido, I. (2011). Las competencias clave como elemento central de currículo de la enseñanza obligatoria: un repaso a las experiencias europeas. *Revista Española de Educación Comparada*, 17, pp. 239-262. Recuperado de http://www.uned.es/reec/pdfs/17-2011/10_egido.pdf.
- Eilks, I., Parchmann, I., Grasel, C., Ralle, B. (2004). Changing teachers' attitudes and professional skills by involving teachers into projects of curriculum innovation in Germany. Quality in practice oriented. En B. Ralle e I. Eilks (Eds.), *Quality in practice oriented research in science education* (pp. 29-40). Aachen: Shaker.
- Elzo, J. (2009). El problema de la disciplina escolar no está en la escuela. *Cuadernos de Pedagogía*, 396, pp. 16-21.
- El Mundo (31 marzo 2004). *Escándalo en Reino Unido al reconocer Coca Cola que vende agua del grifo como mineral*. Recuperado de: <http://www.elmundo.es/elmundo/2004/03/02/sociedad/1078222778.html>.
- Escamilla, A. (2008). *Las competencias básicas: claves y propuestas para su desarrollo en los centros*. Barcelona: Grao.
- Escaño, J. y Gil de la Serna, M. (2001). Motivar a los alumnos y enseñarles a motivarse. *Aula de Innovación Educativa*, 101, pp. 6-12.
- Escudero, J.M. (2008). Las competencias profesionales y la formación universitaria: posibilidades y riesgos. *Revista de Docencia Universitaria*, 2(2), pp. 1-20. Recuperado de <http://revistas.um.es/redu/article/view/35231/33751>.
- España, E. (2008). *Conocimiento, actitudes, creencias y valores en los argumentos sobre un tema socio-científico relacionado con los alimentos*. Tesis doctoral. Málaga: Universidad de Málaga.
- España, E. y Blanco, A. (2015). La competencia científica y su enseñanza. En A. Blanco y T. Lupión (Eds.), *La competencia científica en las aulas. Nueve propuestas didácticas* (pp. 18-35). Ourense: Educación Editora.
- España, E. y Prieto, T. (2010). Los problemas socio-científicos como contexto para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 71, pp. 17-24.
- España, E., Blanco, A. y Rueda, J.A. (2012). Identificación de problemas de la vida diaria como contextos para el desarrollo de la competencia científica. En P. Membiela, N. Casado y M.I. Cebreiros, M.I. (Eds.), *Experiencias de investigación e in-*

- novación en la enseñanza de las ciencias* (pp. 169-173). Ourense: Educación Editora.
- Eubanks, L. (2008). Teaching and learning with chemistry in context. *Educación Química*, 19, pp. 289–294.
- Eurydice (2002a). *Las competencias clave. Un concepto en expansión dentro de la educación obligatoria*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Eurydice (2011). *La enseñanza de las ciencias en Europa: políticas nacionales, prácticas e investigación*. Recuperado de http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/133ES.pdf.
- Eurydice (2012a). *Developing key competences at school in Europe: challenges and opportunities for policy*. Bruselas: Comisión Europea.
- Eurydice (2012b). *La enseñanza de las ciencias en Europa: políticas nacionales, prácticas e investigación*. Bruselas: Agencia Ejecutiva en el ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural (EACEA). Recuperado de http://eacea.ec.europa.eu/education/Eurydice/documents/thematic_reports/133ES.pdf.
- Feito, R. (2008). ¿Qué pasa en la Secundaria? *Claves de Razón Práctica*, 188, pp. 72-77.
- Fensham, P. (1988). Approaches to the teaching of STS in science education *International Journal of Science Education*, 10(4), 357-366.
- Fensham, P.J. (2000). Providing suitable content in the ‘science for all’ curriculum. En R. Millar, J. Leach, y J. Osborne (Eds.), *Improving science education*, (pp. 147-164) Buckinham, Reino Unido: Open University Press.
- Fensham, P.J. (2002): Time to change drivers for scientific literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), pp. 9-24.
- Fensham, P.J (2007). Competences, from within and without: new challenges and possibilities for scientific literacy. En C. Linder, L. Östman y P. Wickman (Eds.), *Promoting scientific literacy: science education research in transaction* (pp. 113-119). Proceedings of the Linnaeus Tercentenary Symposium held at Uppsala University. Uppsala, Suecia.
- Fensham, P.J. (2009). Real world contexts in PISA science: implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), pp. 884-896.
- Fensham, P.J. (2012). The challenge of generic competences to science education. En C. Bruguère, A. Tiberghien y P. Clément (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship*. Part 9 (co-ed. J. Dolin y M.

- Rannikmä (pp. 7-15). Lyon, France: European Science Education Research Association.
- Fernández, M. y Jiménez Granados, A. (2014). La química cotidiana en documentos de uso escolar: análisis y clasificación. *Educación Química*, 25(1), pp. 7-13.
- Finkelievich, S. y Fischnaller, C. (2014). Ciencia ciudadana en la sociedad de la información: nuevas tendencias a nivel mundial. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 9(27), pp. 11-31.
- Ferrier, C. (2001). Bottled water: understanding a social phenomenon. *A Journal of the Human Environment* 30(2), pp. 118-140.
- Finkelstein, N. (2005). Learning physics in context: a study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27(10), pp. 1187-1209.
- Fishman, B., Marx, R., Blumenfeld, P., Krajcik, J. y Soloway, E. (2004). Creating a framework for research on systemic technology innovations. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), pp. 43-76.
- Fontcuberta, M. (2009). La publicidad debe aprenderse en el aula. *Aula de Innovación Educativa*, 178, p. 6.
- Franco, A.J., Blanco, A. y España, E. (2014). El desarrollo de la competencia científica en una unidad didáctica sobre la salud bucodental. Diseño y análisis de tareas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), pp. 647-665.
- Freire, S., Faria, C., Galvao, C. y Reis, P. (2013). New curricular material for science classes: how do students evaluate it? *Research in Science Education*, 43, pp. 163-178.
- Fuertes, C., Llitjós, A., Miró, A. Morales, M.J y Sánchez, M.D (1999). Pautas de análisis para una actividad didáctica: aplicación al estudio de las etiquetas de agua envasada. En S. García y M.C. Martínez (Coords), *La didáctica de las ciencias. Tendencias actuales* (pp. 523-535). A Coruña: Servicio de Publicaciones, Universidade da Coruña.
- Fullam, M. (2002). *Los nuevos significados del cambio en la educación*. Barcelona: Octaedro.
- Furió, C. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida. *Actas de las IV Jornadas Internacionales para la Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química* (pp. 222-227). México, Mérida, 15-18 noviembre de 2005.
- García Retana, J.A. (2011). Modelo educativo basado en competencias: importancia y necesidad. *Actualidades Investigativas en Educación*, 3(11), pp. 1-24.

- García Carmona, A., Criado, A.M. y Cañal, P. (2014). ¿Qué educación científica se promueve para la etapa de primaria en España? Un análisis de las prescripciones oficiales de la LOE. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (1), pp.139-157.
- Garello, M., Rianudo, M. y Donolo, D. (2011). Valoración de los estudios de diseño como metodología innovadora en una investigación acerca de la construcción del conocimiento en la universidad. *Revista de Educación a Distancia. Sección Docencia Universitaria en la Sociedad del Conocimiento (RED-DUSC)*, 5. Recuperado de <http://www.um.es/ead/reddusc/5/index.html>.
- Garrido, A. y Couso, D. (2013). La competencia de uso de pruebas científicas: qué dimensiones de la competencia se promueven en las actividades de aula de ciencias. *Actas del IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 1507-1512.
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y con cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias*, 28, pp. 315-326.
- Gavidia, V. (2009). El agua en las enseñanzas mínimas de secundaria. En A. Moreno y C. López (Coords.), *Agua y sostenibilidad: recursos, riegos y remedios* (pp. 61-94). Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Gil, D. y Martínez, J. (1987). Los programas–guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, pp. 3–12.
- Gil, D. y Vilches, A. (2006a). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, pp. 31-53.
- Gil, D. y Vilches, A. (2006b). ¿Cómo puede contribuir el proyecto PISA a la mejora de la enseñanza de las ciencias (y de otras áreas de conocimiento)? *Revista de Educación*, núm. extraordinario, pp. 295-311.
- Gilbert, J. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 957-976.
- Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W. y Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in context-based science education. *International Journal of Science Education*, 33(6), pp. 17-837.
- Gimeno, J. (2008). Diez tesis sobre la aparente utilidad de las competencias en educación. En J. Gimeno (Comp.), *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* (pp. 15-58). Madrid: Morata.
- Giné, N. y Parcerisa, A. (Coords.) (2009). *Planificación y análisis de la práctica educativa. La secuencia formativa: fundamentos y aplicación*. Barcelona: Graó.

- Giraldo, M.T., Cañada, F., Dávila, M.A. y Melo, L.V. (2015). Ideas alternativas de los alumnos de secundaria sobre las propiedades físicas y químicas del agua. *Tecné, Episteme y Didaxis (TED)*, 37, pp. 51-70.
- Gleick, P.H. (2004). The myth and reality of bottled water. En P.H. Gleick (Ed.), *In the world's water 2004–2005: the biennial report on freshwater* (pp. 17-43). Washington, DC, Estados Unidos: Island Press.
- Gleick, P.H. (2006): Bottled water: an update. En PH. Gleick (Ed.), *In the world's water 2006–2007: the biennial report on freshwater* (pp. 169-174). Washington, DC, Estados Unidos: Island Press.
- Gleick, P.H. (2010). *Bottled and sold: the story behind our obsession with bottled water*. Washington, DC, Estados Unidos: Island Press.
- Gleick, P.H. y Cooley, H.S. (2009). Energy implications of bottled water. *Environmental Research Letters*, 4, pp. 14009-14015.
- Glennon, R. J. (2002): *Water follies: groundwater pumping and the fate of America's fresh waters*. Washington, D.C., Estados Unidos: Island Press.
- Goetz, J.P. y Le Compte, M.D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en la investigación educativa*. Madrid: Morata
- Gómez Galindo, A.A. (2006). Construcción de explicaciones científica escolares. *Revista Educación y Pedagogía*, 45(18), pp. 73-83.
- González García, F.J. y Prieto, T. (1998). Educar para la democracia. La Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Investigación en la Escuela*, 34, pp. 59-67.
- Goodyear, P. (2011). Emerging methodological challenges for educational research. En L. Markauskaite, P. Freebody, y J. Irwin (Eds.), *Methodological Choice and Design* (pp. 253-267). Londres: Springer.
- Goodrich, H. (1997). Understanding Rubrics. *Educational Leadership*, 54(4), 14-17
- Goodrich, H. (2000). Using rubrics to promote thinking and learning. *Journal of Educational Leadership*, 57(5), pp. 13-18.
- Gros, B. (2012) Retos y tendencias sobre el futuro de la investigación acerca del aprendizaje con tecnologías digitales. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 32, pp. 1-13. Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/32/gros.pdf>.
- Grupo SALTERS (1997). El proyecto Química Salters para el nuevo bachillerato. *Actas del V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra. Murcia, 10-13 de septiembre de 1997.
- Guaita, N. y Jiménez, L. (2008). Agua y Sostenibilidad. *Índice: Revista de Estadística y Sociedad*, 28, pp. 14-17.

- Guarro, A. (2008). Competencias básicas: currículum integrado y aprendizaje cooperativo. *Investigación en la Escuela*, 66, pp. 29-42.
- Guba, E.G. y Lincoln, Y.S. (1981). *Effective evaluation: improving the usefulness of evaluation results through responsive and naturalistic approaches*. San Francisco, Estados Unidos: Jossey-Bass Publisher.
- Guisasola, J., Furió, C. y Cebeiro, M. (2008). Science Education based on developing guided research. En M.V. Thomase (Ed.), *Science Education in Focus* (pp. 55-85). Nueva York, Estados Unidos: Nova Science Publisher.
- Guisasola, J., Zubimendi, J.L., Franco, A. y Cebeiro, M. (2010). Secuencia de enseñanza basada en la investigación, para mejorar la comprensión del concepto de capacidad eléctrica en primer curso de universidad. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15(3), pp. 485-506.
- Gunstone, R.F. y White, R.T. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65, pp. 291-299.
- Gutiérrez, A. (2006). PISA y la evaluación de la alfabetización científica. *Investigación en la Escuela*, 60, pp. 65-77.
- Guzmán, F. (2012). El concepto de competencias. *Revista Iberoamericana de Educación*, 60, 4, pp. 1-13. Recuperado de <http://www.rieoei.org/deloslectores/5294Guzman.pdf>.
- Halloun, I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16, pp. 653-697.
- Hargreaves, D.H. (1996). Teaching as a research-based profession: possibilities and prospects. En M. Hammersley (Ed.) (2007), *Educational Research and Evidence-based Practise* (pp. 3-17). Londres, Reino Unido: Sage.
- Harlen, W. (1999). Enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *La evaluación de las oportunidades para aprender ciencias*. Madrid: MEC/Morata.
- Harlen, W. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OECD para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), pp. 209-216.
- Hempel, C. (2006): *La explicación científica: estudios sobre la filosofía de la ciencia*. Barcelona. Paidós.
- Hernández Rodríguez, C.A. (2005). ¿Qué son las competencias científicas? *Foro Educativo Nacional. Competencias Científicas para comprender y transformar el mundo* (pp. 31-52). Bogotá, Colombia, 11-13 de octubre de 2005. Recuperado de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-128237_archivo.pdf.

- Hernández Hernández, F. (2006). El informe PISA: una oportunidad para replantear el sentido de aprender en la escuela secundaria. *Revista de Educación*, núm. extraordinario, pp. 357-379.
- Herráiz, N. (2006). Geopolítica del agua embotellada. *Foreign Policy*, 30. Recuperado de http://www.fp-es.org/feb_mar_2006/story_13_18.asp. Consulta: 25/05/2015.
- Herreras, M.L. y Sanmartí, N. (2012). Aplicación de un proyecto curricular de física en contexto (16-18 años): Valoración de los profesionales implicados. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), pp. 89-102.
- Hjalmarson, M.A. y Lesh, R. (2008). Design research. Engineering, systems, products, and processes for innovation. En L.D. English (Ed.), *Handbook of International Research in Mathematics Education* (pp. 520-534). Londres: Routledge.
- Hofstein, A., Carmini, M., Mamlok, R. y Ben-Zvi, R. (2000). *Developing Leadership Amongst High School Science teachers in Israel*. Artículo presentado en NARST 2000. New Orleans, Estados Unidos.
- Hofstein, A., Eilks, I. y Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education: A pedagogical justification and the state of the art in Israel, Germany and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, pp. 1459-1483.
- Holbrook, J. (2008). Introduction to the special issue of science education international devoted to PARSEL. *Science Education International*, 19, pp. 257-266.
- Hopson, R.C. (1972). The objects of acceptance: competing scientific explanations. En K. Schaffner y R.S. Cohen (Eds.), *PSA 1972. Proceedings of the 1972 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* (pp. 349-363). Dordrecht, Holanda: Reidel Publishing.
- IFEN (Institut Français de l'Environnement) (2000). La préoccupation des Français pour la qualité de l'eau. *Les données de l'environnement*, agosto. Recuperado en <http://www.ifen.fr/donnees-essentielles>. Consulta: 20/06/2014.
- Izquierdo, M. (2003). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *Anales de la Asociación Química Argentina*, 92(4/6), pp. 115-136. VI Jornadas Nacionales y III Internacionales de Enseñanza Universitaria de la Química. La Plata, Argentina, 28 septiembre al 1 octubre de 2003.
- Izquierdo, M. y Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science and Education*, 12, pp. 27-43.
- Jenkins, E. (2001). Research in science education in Europe: Retrospect and prospect. En H. Behrendt et al. (Eds.), *Research in science education. Past, present, and future* (pp. 17-26). Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.

- Jenkins, E. (2010). How might research inform scientific literacy in schools? *Education in Science*, 239, pp. 26-27.
- Jiménez Alexandre, M.P. (2009). Competencia científica: poner en práctica los saberes de ciencias. Presentación del monográfico sobre competencia científica. *Aula de Innovación Educativa*, 186, p. 6.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez Liso, M.R. y De Manuel, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: ¿regresión o innovación? *Enseñanza de la Ciencias*, 27(2), pp. 257-272.
- Jiménez Liso, M.R., Sánchez, M.A. y De Manuel, E. (2002). Química cotidiana para la alfabetización científica: ¿realidad o utopía? *Educación Química*, 13(4), pp. 259-266.
- Jiménez, V. y Otero, J. (2012). Acceso y procesamiento de información sobre problemas científicos de relevancia social: limitaciones en la alfabetización científica de los ciudadanos. *CTS: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 7(20), pp. 29-54.
- Jones, M. y Miller, C. (2001). Chemistry in the real world. *Journal of Chemical Education*, 78(4), pp. 484-487.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, pp. 173-184.
- Justi, R. (2011). *Las concepciones de modelo de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias*. En A. Caamaño (Coord.), *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 85-103). Barcelona: Graó.
- Juuti, K. y Lavonen, J. (2006). Design-based research in science education: one step towards methodology. *NorDiNa*, 4, pp. 54-68.
- Kamil, M.L., Afflerbach P., Pearson, P.D. y Moje, E.B. (2000). Reading research in a changing era. En M.L. Kamil, P.D. Pearson, E.B. Moje y P. Afflerbach (Eds.), *Handbook of Reading Research* (prefacio al volumen 4). Nueva York, Estados Unidos: Routledge
- Kelly, A.E. (2003). Research as design. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 3-4.
- Kelly, A.E. y Lesh, R.A. (2000). *Handbook of research design in mathematics and science education*. Nueva Jersey, Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kelly, A.E. (2004). Design research in education: yes, but is it methodological? *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), pp. 115-128.

- Kelly, A.E., Lesh, R.A. y Baek, J.Y (Eds.) (2008). *Handbook of design research in methods in education. Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*. Nueva York, Estados Unidos: Routledge.
- King, D.T. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), pp. 51-87.
- King, D.T., y Ritchie, S.M. (2012). Learning science through real-world contexts. En B. Fraser, K. Tobin y J.C. MacRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 69-80). Dordrecht, Holanda: Springer Press.
- King, D. T. y Ritchie, S. M. (2013). Academic success in context-based chemistry: demonstrating fluid transitions between concepts and context. *International Journal of Science Education*, 35(7), pp. 1159-1182.
- Klont, R.R. (2004). "High levels" of bacteria found in bottled mineral water: study. *Clinical Infectious Diseases*, 39(12), pp. 1745-1746.
- Kortland, J. (2007). Context-based science curricula: Exploring the didactical friction between context and science content. Paper presented at the ESERA 2007 Conference, Malmö, Sweden. Recuperado de <http://195.178.227.107/esera/Files/262.doc>.
- Krnel, D., Watson, R. y Glazar, S.A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of "matter". *International Journal of Science Education*, 20 (3), pp. 257-289.
- Larsen, J. (2007). Bottled water boycotts. Back-to-the-tap movement gains momentum. *Earth Policy Intitute*. Recuperado de <http://www.earth-policy.org/Updates/2007/Update68.htm>. Consulta: 20/04/2015.
- Latorre, A. (2003): *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.
- Latorre, A., Del Rincón, D. y Arnal, J. (1997). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Hurtado.
- Lazlo, P. (2005). *¿Se puede beber el agua del grifo?* Madrid: Akal.
- Leach, J. y Scott, P. (2000). *The concept of learning demand as a tool for designing teaching sequences*. Comunicación presentada en Research-Based Teaching Sequences, París, Francia, noviembre 2000.
- Leach, J. y Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: an approach based upon the concept of learning demands and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education* 38(1), pp. 115-142.
- Leach, J., Ametller, J., Hind, A., Lewis, J. y Scott, P. (2005). Designing and evaluating short science teaching sequences: improving student learning. En K. Boersma, M.

- Goedhart, O. De Jong y H. Eijkelhof (Eds.), *Research and the quality of science education* (pp. 209-221). Comunicación presentada en 4th ESERA conference. Noordwijkerhout, Países Bajos, agosto de 2003. Recuperado de <http://www.esera.org/publications/compilations-of-selected-papers-from-esera/research-and-the-quality-of-science-educ/>.
- Lee, K. y Carter, S. (2012). *Global marketing management*. Oxford: OUP.
- Lévy-Leboyer, C. (2003). *Gestión de las competencias*. Barcelona: Ediciones Gestión.
- Lemke, J.L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), pp. 5-12.
- Lijnse, P.L. (1995). "Developmental research" as a way to an empirically based "didactical structure" of science. *Science Education* 79(2), pp. 189-199.
- Lijnse, P.L. (2000). Didactics of science: the forgotten dimension in science education research? En R. Millar, J. Leach and J. Osborne (Eds.), *Improving science education: the contribution of research* (pp. 308-326). Buckingham: Open University Press.
- Lijnse, P. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26(5), pp. 537-554.
- Llitjós, A. y Sánchez, M.D. (1994). *El agua. Unidad Didáctica. Sugerencias Curriculares*. Zaragoza: ICE, Universidad de Zaragoza.
- Lupión, T y Prieto, T. (2005). Actividades CTS: análisis de competencias. *VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. Granada, 7-10 de septiembre 2005. Recuperado de http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRApl12actcts.pdf
- Manzano, R. (2009). Las competencias: hacia la práctica educativa. *Aula de Innovación Educativa*, 180, pp. 8-13.
- Maraver, F. y Michán, A. (2010). ¿Es igual el agua del grifo que el agua envasada? No, sin duda, no. *Medicina Clínica*, 134(1), pp.40-42.
- Marbà-Tallada, A. y Márquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de eso. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), pp. 19-30.
- Marbà-Tallada, A., Márquez, C. y Sanmartí (2009). ¿Qué implica leer en clase de ciencias? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 59, pp. 102-111.
- Marcen, C. (2009). *El agua, argumento educativo en la Educación Obligatoria y en el sistema social*. Tesis doctoral. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

- Marcén, C. y Cuadrats, J.M. (2012). Argumentos educativos para enseñar–aprender el agua en la enseñanza obligatoria. *Serie Geográfica*, 18, pp. 65-75.
- Marchán, I. y Sanmartí, N. (2013). El problema de la transferencia en el aprendizaje científico: análisis de la implementación en el aula de una unidad didáctica contextualizada. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 2125-2130. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Girona, 9-12 septiembre 2013.
- Marchán, I. y Sanmartí, N. (2014). Una revisión sobre el uso de contextos en la enseñanza de las ciencias y su potencial para el desarrollo de la competencia científica. *Actas de los XXVI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 702-710). Huelva, 10-12 de septiembre de 2014.
- Marchán, I. y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.06.001> (artículo en prensa).
- Marchán, I., Màrquez, C. y Sanmartí, N. (2013). La evolución de la noción de contexto en la didáctica de las ciencias. *Perspectives sobre el context en educació científica: aproximacions teòriques i implicacions per a la pràctica educativa* (pp. 62-71). Grupo LIEC. Universidad Autónoma de Barcelona. Seminari de Doctorat.
- Marchena, C. (2008). *¿Cómo trabajar las competencias básicas?* Sevilla: Fundación ECOEM.
- Marco, B. (2002). Alfabetización científica y enseñanza de las ciencias: estado de la cuestión. En P. Membiela (Coord.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad* (pp. 33-46). Madrid: Narcea.
- Marco, B. (2008). *Competencias básicas*. Hacia un nuevo paradigma educativo. Madrid: Narcea.
- Márquez, C. y Sardá, A. (2009). Evaluar la competencia científica. *Aula de Innovación Educativa*, 186, pp. 13-15.
- Martínez, R.A. (2007). *La investigación en la práctica educativa: guía metodológica de investigación para el diagnóstico y evaluación de los centros docentes*. Madrid: CI-DE.
- McNeill, K.L. y Krajcik, J. (2008). Teacher instructional practices to support students writing scientific explanations. In J. Luft, J. Gess-Newsome y R. Bell (Eds.), *Science as inquiry in the secondary setting* (pp. 1-20). Washington, DC: National Science Foundation.
- Méheut, M. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), pp. 515-535.

- Méheut, M. (2005). Teaching learning sequences tools for learning and/or research. In K. Boersma et al. (Eds.), *Research and the Quality of Science Education* (pp. 195-207). Netherlands: Springer.
- Méheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 16, pp. 515-535.
- Mejías, J.M. (2010). La competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico: un acercamiento desde las Ciencias Sociales. *I Congreso de Inspección de Andalucía: Competencias básicas y modelos de intervención en el aula*. Ponencia presentada. Mijas Costa (Málaga), 27, 28 y 29 enero 2010.
- Mellado, V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, pp. 17-30.
- Mellado, V. (2011). Formación del profesorado de ciencias y buenas prácticas: el lugar de la innovación y la investigación didáctica. En A. Caamaño (Coord.), *Investigación, innovación y buenas prácticas* (pp. 11-30). Barcelona: Graó.
- Melo, A.M. (1987). *Química básica. En el rigor del lenguaje matemático*. Santiago de Chile, Chile: Textos de Educación Universitaria.
- Membiola, P. (2002). Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. En P. Membiola (Coord.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad* (pp. 91-103). Madrid: Narcea.
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J.M. y Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2), pp. 94-99.
- Mertler, C. (2001). Designing scoring rubrics for your classroom. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 7(25). Recuperado de <http://pareonline.net/getvn.asp?v=7&n=25>. Consulta: 25/10/2014.
- Messick, S. (1992). The interplay of evidence and consequences in the validation of performance assessments. *Educational Researcher*, 23(2), pp. 13-23.
- Millar, R. (2006). Twenty first century science: implications from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- Millar, R. y Osborne, J. (2009). Research and practice: A complex relationship? En M.C. Shelley II, L.D Yore y B. Hand (Eds.), *Quality research in literacy and science education. International perspectives and gold standards* (pp. 41-61). Dordrecht, Holanda: Springer.

- Ministerio de Educación. (2009). *Evaluación general de diagnóstico 2009. Marco de la evaluación*. Madrid: Secretaria General Técnica.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (1990). *Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre de 1990, de Ordenación General del Sistema Educativo*. BOE núm. 238 de 4 de octubre de 1990.
- Ministerio de Educación y Ciencia (2001). *Los desafíos de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- Ministerio de Educación y Ciencia (2006a). *Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*. BOE núm. 104 de 4 de mayo de 2006.
- Ministerio de Educación y Ciencia (2006b). *Real Decreto 1631/2006, de 26 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria*. BOE núm. 5 de 5 de enero de 2007.
- Ministerio de Educación (2010). *Ciencias en PISA. Pruebas liberadas*. Madrid: Ministerio de Educación, Instituto de Evaluación.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2013). *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, de Mejora de la Calidad Educativa*. BOE núm. 295 de 10 de diciembre de 2013.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). *Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato*. BOE núm. 25 de 29 enero 2015.
- Ministerio de la Presidencia (2003). *Real Decreto 140/2003, de 7 de Febrero de 2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*. BOE núm. 45 de 21 febrero 2003.
- Ministerio de la Presidencia (2011a). *Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre de 2010, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial embotelladas para consumo humano*. BOE núm. 16 de 19 de enero 2011).
- Ministerio de la Presidencia (2011b). *Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre de 2010, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas embotelladas para consumo humano*. BOE núm. 16 de 19 enero 2011.
- Molina, M. y Castro, E y Castro, E. (2006). *Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza*. Seminario sobre Metodologías de Investigación. Granada: Universidad de Granada.

- Molina, M., Castro, E., Molina, J.L. y Castro, Enrique (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), pp. 75–88.
- Monereo, C. (2010). ¡Saquen el libro de texto! Resistencia, obstáculos, y alternativas en la formación de los docentes para el cambio educativo. *Revista de Educación*, 352, pp. 583-597.
- Monereo, C. y Pozo, J. (2007). Competencias para (con)vivir con el siglo XXI. *Cuadernos de Pedagogía*, 370, pp. 12-18.
- Monguilot, I. (2009). Las competencias básicas a través del agua. En A. Moreno y C. López (Coords.), *Agua y sostenibilidad: recursos, riegos y remedios* (pp. 11-21). Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Morales, J.A. y Domene, S. (2006). El estudio de casos. En J. Cabero y P. Román (Coords.), *E-actividades. Un referente básico para la formación en internet* (pp. 65-78). Sevilla: MAD.
- Moreno Olivos, T. (2011). La cultura de la evaluación y la mejora de la escuela. *Perfiles Educativos*, 131, 116-130.
- Mulder, M., Weigel, T. y Collings, K. (2008). El concepto de competencia en el desarrollo de la educación y formación profesional en determinados países miembros de la U.E. Un análisis crítico. *Profesorado*, 12(3). Recuperado de <http://www.ugr.es/~recfpro/rev123ART6.pdf>.
- Muñoz-Repiso, M. (2004). ¿Sirve para algo la investigación educativa? *Organización y gestión educativa: Revista del Fórum Europeo de Administradores de la Educación*, 12(1), pp. 8–14.
- Napier, G. y Kodner, C. (2008). Health risks and benefits of bottled water. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 35(4), pp. 789-802.
- Neiman, G y Quaranta, G. (2006). Los estudios de caso en la investigación sociológica. En I. Vasilachis de Gialdino (Comp.), *Estrategias de investigación cualitativa* (pp 213-238). Buenos Aires, Argentina: Gedisa.
- Nieda, J. y Macedo, B. (1997). *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*. Biblioteca Virtual de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación. Disponible en <http://www.campus-oei.org/oeivirt/curricie/index.html>.
- Norris, S., Guilbert, S., Smith, M., Hakimelahi, S. y Phillips, L. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science Education*, 89, pp. 535-563.
- OCDE (2001). *Learning to change: ICT in schools*. París, Francia: OCDE.
- OCDE (2002). *Definition and selection of competencies (DeSeCo): theoretical and conceptual foundations. Strategy paper*. París: OCDE. Recuperado de

<http://www.deseco.admin.ch/bfs/deseeco/en/index/02.parsys.34116.downloadList.87902.DownloadFile.tmp/oecdeseecostrategypaperdeelsaedcericd20029.pdf>.

OCDE (2005). *The definition and Selection of key Competencies. Executive Summary*. París: OCDE. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>.

OCDE (2006a). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris, Francia: OECD.

OCDE (2006b). *PISA 2006. Marco de la Evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Madrid: Santillana.

OCDE (2006c). *Evolution of student interest in science and technology studies. Policy report*. Recuperado de <http://www.oecd.org/science/sci-tech/36645825.pdf>.

OCDE (2009). *PISA 2009. Assessment framework. Key competencies in reading, mathematics and science*. En: www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf.

OCDE (2012). *PISA 2012. Assessment and Analytical Framework Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*.

OCDE (2013). *PISA 2015. Draft science framework*. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>.

OCU (Organización de Consumidores y Usuarios) (2006). *Informe sobre el estado del agua del grifo en 50 capitales de provincia*. Recuperado en <http://www.ocu.org/agua/la-ocu-vuelve-a-analizar-el-agua-del-grifo-de-50-capitales-de-provincia-s285034.htm>. Consulta: 01/09/2014.

O'Donnell, A. (2004). A commentary on design research. *Educational Psychologist*, 39(4), pp. 255-260.

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. y McGillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en Secundaria*. Madrid: Santillana (Aula XXI).

Oliva, J.M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 5(1), pp 15-28.

Oliva, J.M. (2011). Cómo usar analogías en la enseñanza de los modelos y de los procesos de modelización en ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, pp. 80-91.

Oliva, J.M. y Aragón, M.M. (2009). Aportaciones de las analogías al desarrollo del pensamiento modelizador de los alumnos en química. *Educación química*, 20(1), pp. 41-54.

- Olson, E. (1999). Bottled water: pure drink or pure hype? *Natural Resources Defense Council (NRDC)*, marzo. Recuperado de <http://www.nrdc.org/water/drinking/bw/bwinx.asp> Consulta: 02/08/2014.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2002). *Agua para la salud. Un derecho humano*. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/pr91/es/>.
- Osborne, J. y Collins, S. (2001). Pupil's views of the role and value of the science curriculum: a focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), pp. 441-467.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: critical reflections*. Londres, Reino Unido: The Nuffield Foundation.
- Osborne, J., Erdurán, S. y Simon, S. (2004). IDEAS. Evidence and Argument in Science. Londres: Nuffiel Foundation.
- Osborne, J., Simon, S. y Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, pp. 1049-1079.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). Whats "ideas-about-science" should be taught in school science? A delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), pp. 692-720.
- Osorio, C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad. Aproximaciones y experiencias para la Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 28, enero-abril 2002. Recuperado de: <http://www.rieoei.org/rie28f.htm>.
- Overman, M., Vermun, J.D., Meigel, P., Bulte, A. y Brekelmans, M. (2014). Students' perceptions of teaching in context-based and a traditional chemistry classroom: comparing content, learning activities, and interpersonal perspectives. *International Journal of Science Education*, 36(11), pp. 1871-1901.
- Pacheco-Vega, R. (2015). Agua embotellada en México: de la privatización del suministro a la mercantilización de los recursos hídricos. *Espiral*, 22(63), pp. 221-263.
- Palmer, D. (1995). The POE in the primary school: an evaluation. *Research in Science Education*, 25 (3), pp. 323-332.
- Parlamento Europeo (2006). *Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente*. Bruselas: Diario Oficial de la Unión Europea, 30 de diciembre de 2006.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R. y Ralle, B. (2006). Chemie im kontext: a symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 1041-1062.

- Patton, M.Q. (1987). *How to use qualitative methods in evaluation*. Beverly Hills, Estados Unidos: Sage Publications.
- Pedrinaci, E. (2006). Ciencias para el Mundo Contemporáneo: ¿una materia para la participación ciudadana? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 49, pp. 9-19.
- Pedrinaci, E. (2009). Competencia científica y enseñanza de la geología. *Libro de Actas del XXIX Curso de Actualizaçao de Professores en Geociências* (pp. 17-22). Lisboa, Portugal, 3, 4 y 5 de septiembre de 2009.
- Pedrinaci, E. (2012). El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica. En E. Pedrinaci (Coord.), *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 15-35). Barcelona: Graó.
- Pedrinaci, E. (2012b). Aprender ciencias es, en buena medida, aprender a leer, escribir y hablar ciencia. En E. Pedrinaci (Coord.), *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 147-170). Barcelona: Graó.
- Pérez Gómez, A.I. (2007). *La naturaleza de las competencias básicas y sus aplicaciones pedagógicas*. Santander: Gobierno de Cantabria, Consejería de Educación.
- Pérez Gómez, A.I. (2008). ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y de acción. En J. Gimeno (Comp.), *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* (pp. 59-142). Madrid: Morata.
- Pérez Gómez, A. (2014). Lo que no se dice de PISA. *Cuadernos de Pedagogía*, 442, p. 8.
- Pérez, M.C., Caldeira, H. y Otero J. (2011). *La relevancia social de la educación científica*. Madrid: UNED.
- Pérez Serrano, G. (1994). *Investigación cualitativa. Retos, interrogantes y métodos*. Madrid: La Muralla.
- Pérez, M.E., Mazzarella, C. y Ojeda, E. (2013). Construcción del concepto de modelo científico mediante una estrategia pedagógica en estudiantes del IPC. *Revista de Investigación*, 37(78) Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1010-29142013000100007&script=sci_arttext.
- Peronnet, F., Mignault, D., Vergne, S., Le, B.L., Jiménez, L. y Rabasa-Lhoret, R. (2012). Pharmacokinetic analysis of absorption, distribution and disappearance of ingested water labeled with D(2)O in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 112, pp. 2213-2222.
- Perrenoud, P. (2008). Construir las competencias ¿es darle la espalda a los saberes? *REDU Revista de Docencia Universitaria*, 2 (núm. extra). Recuperado de http://www.um.es/ead/Red_U/m2/perrenoud.pdf.

- Perrenoud, P. (2012). *Cuando la escuela pretende preparar para la vida*. Barcelona: Graó.
- Pilot, A. y Bulte, A.M.V. (2006a). Why do you “need to know”? Context-based education. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 953-956.
- Pilot, A. y Bulte, A. (2006b). The use of “contexts” as a challenge for the chemistry curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 1087-1112.
- Pineda, P. (1999). Las competencias básicas en los ciclos formativos de formación profesional. XVIII Seminario Interuniversitario de Teoría de la Educación: La educación obligatoria. Competencias básicas del alumno”. Guadalupe, Cáceres, 21-24 de noviembre de 1999. Recuperado de <http://redsite.es/site18.html>.
- Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciencia & Educação*, 21(2), pp. 307-327.
- Pintó, R (2011). *Las tecnologías digitales en la enseñanza de la Física y de la Química*. En A. Caamaño (Coord.), *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 169-192). Barcelona: Graó.
- Pintó, R., El Boudamoussi, S. (2009). Scientific Processes in PISA Tests observed for Science Teachers. *International Journal of Science Education*, 16(31), pp. 66-78.
- Porlán R. y Martín, J. (1991). *El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula*. Sevilla: Diada Editora.
- Porro, S. (2007). ¿Por qué los estudiantes de secundaria no eligen química como carrera universitaria y qué podría hacerse desde la universidad? *Revista Química Viva*, 6, pp. 1-3.
- Pozo, J.I, Gómez Crespo, M.A., Limón, M y Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE.
- Prieto, T. (2004). Los contenidos científicos en el contexto de los problemas CTS. En I.P. Martins, F. Paixão y R.M. Vieira (Eds.), *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência. III Seminário Ibérico Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das ciências* (pp. 449-454). Comunicación presentada. Aveiro, Portugal: 28-30 de junio 2004. Universidade de Aveiro.
- Prieto, T. y Blanco, A. (1997). *Las concepciones de los alumnos y la investigación en Didáctica de las Ciencias*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Prieto, T. y España, E. (2010). Educar para la sostenibilidad. Un problema del que podemos hacernos cargo. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (núm. extraordinario), pp. 216-229.

- Prieto, T. y González García, F.J. (2005). Visión de futuros profesores de CTS sobre la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005.
- Prieto, T., Blanco, A. y Rodríguez García, A. (1989) The ideas of 11 to 14- year-old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, 11(4), 451-463.
- Pro, A. (2007). De la enseñanza de los conocimientos a la enseñanza de las competencias. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 53, pp. 10-21.
- Pro, A. (2011a). Conocimiento científico, ciencia escolar y enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. En A. Caamaño (Coord.), *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 13-33). Barcelona: Graó.
- Pro, A. (2011b). El practicum en el aula de ciencias (Física y Química): orientaciones para el diseño, la experimentación y la evaluación de actividades. En A. Caamaño (Coord.), *Física y Química. Investigación, innovación y buenas prácticas* (pp. 205-225). Barcelona: Graó.
- Pro, A. (2012a). Los ciudadanos necesitan conocimientos de ciencias para dar respuestas a los problemas de su contexto. En E. Pedrinaci (Coord.), *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 83-104). Barcelona: Graó.
- Pro, A. (2012b). Presentación de la monografía: Hacia la competencia científica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, pp. 5-8.
- Pro, A. y Rodríguez, J. (2010). Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en la educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), pp. 385-404.
- Pro. A. y Saura, O. (2007). La planificación: un proceso para la formación, la innovación y la investigación. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 52, pp. 39-55.
- Proyecto RODA-MTG. En www.rodasc.eu. Consulta: 10/05/2015.
- Proyecto Mind the Gap. En www.rodasc.eu Consulta: 10/05/2015.
- Pryde, L., Middlecamp, C., Pienta, N., Heltzel, C. y Weaver, E. (2005). *Chemistry in context. Applying chemistry to society*. Boston, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- QUIMESCA (2001). *Las bebidas. Café, té y chocolate*. Málaga: Centro de Profesorado de Málaga.
- QUIMESCA (2005). *Las bebidas. Alcohol y bebidas alcohólicas*. Málaga: Centro de Profesorado de Málaga.

- Psillos, D. y Kariotoglou, P. (1999). Teaching fluids: intended knowledge and students' actual conceptual evolution. *International Journal of Science Education*, 21(1), pp. 17-38.
- Rani, B., Maheshwari, R., Garg, A. y Prasad, M. (2012). Bottled water: a global market overview. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Science*. Volume 1 (6), pp. 1-4.
- Raviolo, A., Ramirez, P., Lopez, E. y Aguilar, A. (2010). Concepciones sobre el conocimiento y los modelos científicos: un estudio preliminar. *Formación Universitaria* 5(3), pp. 29-36. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/formuniv/v3n5/art05.pdf>. Consulta: 25/11/2013.
- Raviolo, A., Ramírez, P. y López, E. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogía. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), pp. 581-612.
- Raviolo, A., Siracusa, P., Gennari, F. y Corso (2004). Utilización de un modelo analógico para facilitar la comprensión del proceso de preparación de disoluciones: primeros resultados. *Enseñanza de las ciencias*, 22(3), pp. 379-388.
- Reeves, T. (2000). Enhancing the worth of instructional technology research through "design experiments" and other development research strategies. *Annual Meeting of the American Educational Research Association: International Perspectives on Instructional Technology Research for the 21st Century*. Comunicación presentada. New Orleans, Estados Unidos, 24-28 de abril de 2000. Recuperado de <http://it.coe.uga.edu/~treeves/AERA2000Reeves.pdf>.
- Reeves, T (2011). Can educational research be both rigorous and relevant? *Journal of the International Society for Design and Development in Education*, 1(4), pp. 1-24. Reciénradp de <http://www.isdde.org>.
- Real Academia Española (2014). *Diccionario de la lengua española* (23ª ed.). Recuperado de <http://www.rae.es/diccionario-de-la-lengua-espanola/la-23a-edicion-2014>. Consulta: 15/04/2015.
- Rebollo, M. (2010). Análisis del concepto de competencia científica: definición y sus dimensiones. *I Congreso de Inspección de Andalucía: Competencias básicas y modelos de intervención en el aula*. Ponencia presentada. Mijas Costa (Málaga), 27, 28 y 29 enero 2010. Recuperado de <http://www.redes-cepalca.org/inspector/DOCUMENTOS%20Y%20LIBROS/COMPETENCIAS/I%20CONGRESO%20INSPECCION%20ANDALUCIA/downloads/rebollo.pdf>.
- Reigeluth, Ch. M. y Frick, T. W. (1999). Investigación formativa: una metodología para crear y mejorar teorías de diseño. En C. M. Reigeluth (Ed.), *Diseño de la instrucción. Teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción* (Parte II, 181-100). Madrid: Aula XXI. Santillana.

- Reimann, P. (2011). Design research. En L.Markauskaite, P.Freebody, J. Irwin (Eds), *Methodological Choice and Design* (pp. 37-56). Londres, Reino Unido: Springer,.
- Reinking, D. y Bradley, B. A. (2008). *Formative and design experiments. Approaches to language and literacy research*. Nueva York, Estados Unidos: Teachers College Press.
- Rinaudo, M. (2007). Investigación educativa. Ideas para pensar la formación de investigadores. En D. Donolo y M. Rinaudo (Comps.), *Investigación en Educación. Aportes para construir una comunidad más fecunda* (capítulo 2). Buenos Aires, Argentina: La Colmena.
- Rinaudo, M. y Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 22. Recuperado de http://www.um.es/ead/red/22/rinaudo_donolo.pdf.
- Ríos, J.M. y Gómez, E.R. (2013). Relación entre competencias básicas de los estudiantes y competencias del profesorado. *Revista Fuentes*, 14, pp. 209-230. Recuperado de <http://www.revistafuentes.es>.
- Rioseco, M. y Romero, R. (1997). La contextualización de la enseñanza como elemento facilitador del aprendizaje significativo. En M.A. Moreira, M.L. Rodríguez y M.C. Caballero (Coords.), *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo* (pp. 251-262). Burgos, 15-19 septiembre
- Roberts, D.A. (1982). Developing the concept of “curriculum emphases” in science education. *Science Education*, 66, pp. 243-260.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walweg, H. y Hemmo, V. (2007). *Science Education Now. A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. High Level Group on Science Education. Brussels: European Commission. Recuperado de http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.
- Rodríguez Barreiro, L.M., Gutiérrez, F.A. y Molledo, J. (1992). Una propuesta integral de evaluación en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), pp. 254-267.
- Rodríguez Mora, F. (2009). *Conocimientos, hábitos, actitudes y creencias que manifiestan estudiantes del primer curso de Magisterio de Educación Primaria sobre el consumo de agua de bebida envasada*. Periodo de Investigación Tutelado. Universidad de Málaga.
- Rodríguez Mora, F. y Blanco A. (2009). Conocimientos, hábitos, actitudes y creencias de estudiantes de Magisterio sobre el consumo de aguas de bebida envasadas. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. Actas del VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias (pp. 1890-1894). Barcelona, 7-11 de septiembre de 2009.

- Rodríguez Mora, F. y Blanco, A. (2012). Ideas y creencias de alumnos de educación secundaria sobre la presencia de “cal” en el agua de bebida. En G. Pinto y M. Martín (Eds.), *Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física* (pp. 197 – 205). Madrid: Garceta Grupo Editorial.
- Rodríguez Mora, F. y Blanco, A. (en prensa). ¿Por qué bebemos agua embotellada? Una propuesta para la enseñanza de la Física y Química en 3º de ESO. En A. Blanco y T. Lupión (Eds.), *La competencia científica en las aulas. Nueve propuestas didácticas*. Ourense: Educación Editora.
- Rodríguez Mora, F. y Blanco, A. (en prensa). Diseño de tareas de evaluación de competencias científicas en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada para educación secundaria obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.
- Rodríguez Mora, F., Blanco, A. y Rueda, J.A. (2011). Competencia científica y competencia digital en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada. En J. Ruiz y J. Sánchez (Coords), *Buenas prácticas con TIC para la investigación y la docencia. II Congreso Internacional sobre uso y buenas prácticas con TIC*. Málaga: Universidad de Málaga, 14-16 de diciembre de 2011.
- Rodwan, J.G. (2013). Bottled water reporter. 2013 Market report findings. *International Bottled Water Association (IBWA)*. Recuperado de http://www.bottledwater.org/public/2011%20BMC%20Bottled%20Water%20Stats_2.pdf#overlay-context=economics/industry-statistics. Consulta: 10/08/2015.
- Rosales, C. (2010). La planificación de la enseñanza por competencias: ¿qué tipo de innovación implica? *Innovación Educativa*, 20, pp. 77-88.
- Roselló, M.R. y Pinya, C. (2014). La formación en competencias básicas: un reto para la Administración. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 18(2), pp. 245-265.
- Rowland, G (2008). Design and research: partners for educational innovation. *Educational Technology*, 48(6), pp. 3–9.
- Royte, E. (2008). *Bottlemania. How water went on sale and why we bought it*. New York: Bloomsbury.
- Ruiz, C. (2011). La investigación cualitativa en educación: crítica y prospectiva. *RED-HECS: Revista Electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, 11, pp. 28-50.
- Rychen, D. y Tiana, A. (2004). *Developing key competencies in education: some lessons from international experience*. Paris: Unesco.
- Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, 36, pp. 1-44.

- Sánchez Guadix, M.A. (2004). *Cambios químicos cotidianos: una propuesta para la alfabetización científica*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Sánchez Guadix, M.A., Jiménez Liso, M.R. y De Manuel, E. (2001). *Condiciones de uso de la química cotidiana*. Recuperado de <http://webpages.ull.es/users/apice/pdf/323-061.pdf>. Consulta: 20/07/2015.
- Sánchez, C. (2007). El modelo de evaluación de diagnóstico de Andalucía. *Avances en Supervisión Educativa*, 5. Recuperado de <http://www.adide.org/revista>.
- Sánchez Blanco, G. y Valcárcel, M. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp. 33– 44.
- Sánchez Blanco, G., Pro, A. y Valcárcel, M. (1997). La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las disoluciones en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), pp. 35 – 50.
- Sandín, M. (2003). *Investigación cualitativa en educación. Fundamentos y tradiciones*. Madrid: McGrawHill.
- Sanmartí, N. (1988). Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de mescla i compost. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- Sanmartí, N. (2007). *10 Ideas clave. Evaluar para aprender*. Barcelona: Graó.
- Sanmartí, N. (2008). ¿Què comporta desenvolupar la competència científica? *Guix*, 344, pp. 11-16.
- Sanmartí, N. (2009). Avaluar per desenvolupar competències. Avaluar competències. *Guix*, 359, pp. 49-53.
- Sanmartí, N. (2010). Competencias: ¿más burocracia o un constructo útil? En J. Vallés, A.L. Álvarez y R. Rickenmann (Eds), *Actas del II Congreso Internacional de Didácticas. La actividad docente: intervención, innovación, investigación* (pp. 81-96). Comunicación presentada. Girona, 3-6 de febrero de 2010.
- Sanmartí, N. (2011). Evaluar para aprender, evaluar para calificar. En A. Caamaño (Coord.), *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 193-211). Barcelona: Graó.
- Sanmartí, N. y Marchán, I. (2014). ¿Cómo elaborar una prueba de evaluación escrita? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 78, pp. 1-10.
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, pp. 27-36.

- Sanmartí, N. y Sardà, A. (2007). Luces y sombras en la evaluación de competencias: el caso PISA. *Cuadernos de Pedagogía*, 370, pp. 60-63.
- Sanmartí, N., Burgoa, B., y Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, pp. 62-69.
- Sardá, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), pp. 405-422.
- Sarramona, J. (2004). *Las competencias básicas en la educación obligatoria*. Barcelona: CEAC.
- Sawyer, R. K. (Ed.) (2006). *The Cambridge Handbook of the Learning Science*. Nueva York, Estados Unidos: Cambridge University Press.
- Schwartz, A. (2006). Contextualized chemistry education: the American experience. *International Journal of Science Education*, 28(9), pp. 977-998.
- Schwartz, A., Bunce, D., Silberman, R., Stanitski, C., Stratton, W y Zipp, A. (1994). *Chemistry in context: applying chemistry to society*. Dubuque, Estados Unidos: American Chemical Society.
- Seidel, T., Prentzel, M. y Hoffmann, L. (2001). A videotape classroom study about teaching and learning in physics classes: teaching characteristics and student's cognitive learning activities. En M. Grossen *et al.* (Eds.), *Proceedings of the 9th Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction* (pp. 35-39). Friburgo, Alemania: Universidad de Friburgo.
- Shamos, M. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, Estados Unidos: Rutgers University Press.
- Shavelson, R. y Towne, L. (2002). *Scientific research in education*. Washington, DC, Estados Unidos: National Academy Press.
- Shavelson, R., Phillips, D., Towne, L. y Feuer, M. (2003). On the science of education design studies. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 25-28.
- Shotyk, W., Krachler, M. y Chen, B. (2006). Contamination of Canadian and European bottled waters with antimony from PET containers. *Journal of Environmental Monitoring*, 8, pp. 288-292.
- Sierra, B., Méndez, A. y Mañana, J. (2013). La programación por competencias básicas: hacia un cambio metodológico interdisciplinar. *Revista Complutense de Educación*, 24(1), pp. 165-184.
- SINAC (Sistema Nacional de Información de Aguas de Consumo) (2015). *Informes técnicos sobre la calidad del agua de consumo público*. Recuperado de

<http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAgua/s/publicaciones.htm>. Consulta: 15/05/2015.

- Simons, H. (2011). *El estudio de caso: teoría y práctica*. Madrid: Morata
- Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, pp. 53-61.
- Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, pp. 91-117.
- Solomon, J. y Aikenhead, G.S. (1994). *STS Education: International Perspectives on Reform*. New York: Teachers College Press.
- Srivastava, A. (2006). Coca-Cola y el agua, una relación insostenible. *India Resource Center*, 8. Recuperado de <http://www.indiaresource.org/campaigns/coke/2006/cokewwf.html>.
- Stake, R.E. (2005). *Investigación con estudio de casos*. Madrid, Morata.
- Stavy, R. (1981). Teaching inverse functions via the concentrations of salt water solution. *Archives de Psychologie*, 49, pp. 267-287.
- Stolk, M., Bulte, A., De Jong, O. y Pilot, A. (2006). Empowering teachers for designing context-based chemistry education. En I Eilks y E. Ralle (Eds.), *Towards Research-based Science Teacher Education* (pp. 159-170) Aachen: Shaker Verlag.
- Stolk, M., Bulte, A., De Jong, O., Pilot, A. (2009). Towards a framework for a professional development programme: empowering teachers for context-based chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, pp. 164-175.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. y Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), pp.1-34.
- Taber, K. (2001). Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(2), pp. 123-158.
- Tiana, A. (2011). Análisis de las competencias básicas como núcleo curricular en la educación obligatoria española. *Bordón*, 63(1), pp. 63-75.
- Tobón, S., Pimienta, J.H. y García, J.A. (2010). *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. México: Pearson Educación.
- Tójar, J.C. (2006). *Investigación cualitativa. Comprender y actuar*. Madrid: La Muralla.

- Tonda, P. y Medina, A. (2013). La formación del profesorado en la competencia evaluadora: un camino hacia la calidad educativa. *Enseñanza & Teaching*, 31(2), pp. 167-188.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge University Press.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G. y Mamiala, T.L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), pp. 357-368.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G. y Mamiala, T.L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), pp. 1353-1368.
- Ültay, N. y Çalık, A. (2012). A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), pp. 686-701.
- UNESCO (1999). La Ciencia para el siglo XXI: un nuevo compromiso. Conferencia Mundial sobre la Ciencia. Budapest (Hungría), 26 junio – 1 julio. Disponible en http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm.
- UNESCO (2003). *2003 Año Internacional del Agua Dulce. Hechos y cifras. El agua y las religiones*. Recuperado de http://www.wateryear2003.org/es/ev.phpURL_ID=6341&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html. Consulta: 15/05/2015.
- Vaino, K. Holbrook, J. y Rannikmäe, M. (2012). Stimulating students' intrinsic motivation for learning chemistry through the use of context-based learning modules. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, pp. 410-419.
- Valle, J. (2004). La política educativa de la Unión Europea: fundamentos, evolución histórica y propuesta de un modelo de análisis crítico. *Revista Española de Educación Comparada*, 10, pp. 17-60.
- Valle, J. y Manso, J. (2013). Competencias clave como tendencia de la política educativa supranacional de la Unión Europea. *Revista de Educación*, núm. extraordinario, pp. 12-33.
- Van Berkel, B. (2005). *The structure of current school chemistry: a quest for conditions for escape*. Utrecht: CD-β Press.
- Vandana, S. (2002). *Waters wars: privatization, pollution and profit*. Londres, Reino Unido: Pluto Press.
- Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2009). La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), pp. 33-48.

- Velásquez, E. y Dinarès, M. (2011). El comercio internacional de agua embotellada. La hidromafia. *VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*. Talavera de la Reina, Toledo: 16-19 de febrero 2011. Recuperado de <http://www.fnca.eu/images/documentos/VII%20C.IBERICO/Comunicaciones/A3/3-Velazquez.pdf>
- Vidal, M.P. (2006). Investigación de las TIC en al educación. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 5(2), pp. 539-552.
- Viiri, J. y Savinainen, A. (2008). Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational reconstruction. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(2), pp. 80-86.
- Vilches, A. y Gil, D. (2010). El programa PISA: un instrumento para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación*, 53, pp. 121-154.
- Villar, A. y Poblete, M. (2011). Evaluación de competencias genéricas: principios, oportunidades y limitaciones. *Bordón*, 63(1), pp. 147-170.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, Estados Unidos: Harvard University Press.
- Vygotsky, L.S. (1989). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.
- Walker, R. (1983). La realización de estudios de casos en educación. Ética, teoría y procedimientos. En W.B. Drockrell y D. Hamilton (Comps.), *Nuevas reflexiones sobre la investigación educativa* (pp. 42-82). Madrid: Narcea.
- Wang, F. y Hannafin, M. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), pp. 5-23.
- Wilk, R. (2006). Bottled water: the pure commodity in the age of branding. *Journal of Consumer Culture*, 6, pp. 303 – 325.
- Wilton, M. (2014). 2014 Global bottled water market trends. *Zenith International. XI Global Bottled Water Congress*. Budapest, Hungría, 6-8 de octubre 2014.
- White, R.T. y Gunstone, R.F. (1992). *Probing understanding*. Londres, Reino Unido: The Falmer Press.
- WWI (Worldwatch Institute) (2007). *Bottled water pricey in more ways than one*. Boletín del 9 de mayo de 2007. Recuperado de <http://www.worldwatch.org/node/5063>. Consulta: 22/06/2014.
- Yacuzzi, E. (2005). El estudio de caso como metodología de investigación: teoría, mecanismos causales, validación. *Inomics*, 1, pp. 296-306.

- Yin, R. (1989). *Case Study Research. Design and methods*. Londres, Reino Unido: SAGE Publications.
- Yus, R., Fernández, M., Gallardo, M., Barquín, J., Sepúlveda, M. y Serván, M. (2013). La competencia científica y su evaluación. Análisis de las pruebas estandarizadas de PISA. *Revista de Educación*, 360, pp. 557-576.
- Zabala, A. (2009a). Desarrollo curricular de las competencias básicas: el ámbito común o de tutoría. *Aula de Innovación Educativa*, 180, pp. 20-25.
- Zabala, A. (2009b). Programar y evaluar competencias. *Aula de innovación educativa*, 180, p. 7.
- Zabala, A. y Arnau, L. (2007). *11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó.
- Zegler, J. (2006). Fashion statement. *Beverage Industry*, 97(9), pp. 22-24.

ANEXOS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

En el CD-ROM que se adjunta a esta memoria de tesis se pueden encontrar los siguientes documentos anexos.

- ANEXO I.** Anuncio publicitario utilizado con estudiantes de 4º ESO y 2º Bachillerato.
- ANEXO IIA.** Cuestionario utilizado con alumnado de Magisterio.
- ANEXO IIB.** Cuestionario utilizado con alumnado de 3º ESO.
- ANEXO IIIA.** Diario de clase. Estudio preliminar 4º ESO (curso 2009/10).
- ANEXO IIIB.** Diario de clase. Estudio preliminar 3º ESO (curso 2010/11).
- ANEXO IIIC.** Diario de clase. Estudio principal 3º ESO (curso 2011/12).
- ANEXO IVA.** Cuaderno de trabajo de los estudiantes. Estudio preliminar 3º ESO.
- ANEXO IVB.** Cuaderno de trabajo de los estudiantes. Estudio principal 3º ESO.
- ANEXO VA.** Prueba escrita de evaluación. Estudio preliminar 3º ESO.
- ANEXO VB.** Prueba escrita de evaluación. Estudio principal 3º ESO.
- ANEXO VI.** Cuestionario de valoración.
- ANEXO VII.** Plantillas observadores externos. Estudio preliminar 3º ESO



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA